Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON
ARNOLD BERLINER
UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR.
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 8 (SEITE 121—136) 24. FEBRUAR 1928 16. JAHRGANG

INHALT:

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland RM 9.—. Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft RM 1.— zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: 1/1 Seite RM 150.—; Millimeter-Zeile RM 0.35. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseinganges. Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Auslands-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24
Fernspr.: Amt Kurfürst 6050-53 u. 6326-28 sowie Amt Nollendorf 755-757

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

16. Jahrgang 24. Februar 1928 Heft 8

Über die „Anschaulichkeit“ physikalischer Theorien.

Von PHILIPP FRANK, Prag.

I.

Unter den im Laboratorium tätigen Physikern hört man sehr oft klagen, daß die modernen physikalischen Theorien „unanschaulich“ geworden sind. Ganz besonders gelten diese Klagen den beiden genialsten und erfolgreichsten Theorien unserer Zeit: der Relativitätstheorie und der Quantenmechanik. Man hat der EINSTEINschen Relativitätstheorie vorgeworfen, daß sie auf jede anschauliche Begründung verzichte, daß der Physiker im Laboratorium sich ihrer nur mit Unsicherheit und Unbehagen bediene, weil er sich bei ihren Sätzen nichts konkret Anschauliches vorstellen könne. Man hat sogar in der EINSTEINschen Theorie einen Rückschritt gegenüber H. A. LORENTZ gesehen, der im Äther und in den durch die Bewegung der Elektronen geänderten elektromagnetischen Kohäsionskräften der Materie eine anschauliche Ursache für die Verkürzung der bewegten starren Körper angegeben habe. Der Mangel an Anschaulichkeit in der EINSTEINschen Theorie wird irgendwie mit dem Mangel einer kausalen Erklärung in Zusammenhang gebracht. Die Verkürzung der Maßstäbe erscheine als ein „Geschenk von oben“, als ein „deus ex machina“ ohne Grund. Ich sehe dabei ganz ab von denjenigen, die auch in der vierdimensionalen Welt und der imaginären Zeit etwas Unanschauliches sehen.

Ganz ähnlich spricht man über die Quantenmechanik. Zwar habe die BOHRsche Theorie in ihrer ursprünglichen Fassung, wo Elektronen um den Atomkern wie Planeten um die Sonne liefen, dem Bedürfnis nach Anschaulichkeit entsprochen, ja sie habe trotz der etwas unbehaglichen Sprünge der Elektronen, während derer man eigentlich gar nicht an sie denken durfte, um nicht in Schwierigkeiten zu geraten, wegen ihrer wenigstens mit Pausen vorhandenen Anschaulichkeit dem Physiker ein behaglicheres Gefühl eingeflößt als die Relativitätstheorie, er habe sicherer mit ihr arbeiten können. Durch die Wendung aber, die in der Quantentheorie durch die Arbeiten von HEISENBERG, BORN, JORDAN, DIRAC einerseits und SCHRÖDINGER andererseits eingetreten ist, ist das Bild der Planetenbewegung zerstört, die sympathische Vorstellung der Analogie zwischen Makrokosmos und Mikrokosmos stark entwertet; denn es gibt ja keine Elektronenbahnen mehr, ja bis zu einem gewissen Grade keine Elektronenorte, es gibt nur noch Gesetze für die Reaktion eines Atoms auf Strahlung und für spontane Strahlung. Während die SCHRÖDINGERsche Theorie wenigstens noch insofern befriedigt, als sie auf Wellenvorstellungen beruht — Wellen gelten neben Massenpunkten als besonders anschaulich —, so hat die HEISENBERGsche Theorie mit ihren Matrizen und die DIRAC-JORDANsche mit ihren q-Zahlen den Wünschen nach Anschaulichkeit geradezu ins Gesicht geschlagen. Während die Relativitätstheorie nur die üblichen Raum-Zeitvorstellungen etwas „in Unordnung gebracht hat“, will HEISENBERG für die Vorgänge im Inneren des Atoms überhaupt keine strenge raumzeitliche Bestimmtheit anerkennen und die Physik hat sich dadurch von den Wünschen nach Anschaulichkeit, wie sie ein großer Teil der experimentell forschenden Physiker versteht, immer weiter entfernt.

Wenn man ein wenig darüber nachdenkt, was man sich eigentlich unter der Forderung nach „Anschaulichkeit“ einer Theorie denken soll, kommt man bald auf große Schwierigkeiten. So sagt z. B. HEISENBERG selbst[1]:

„Eine physikalische Theorie glauben wir dann anschaulich zu verstehen, wenn wir uns in allen einfachen Fällen die experimentellen Konsequenzen dieser Theorie qualitativ denken können, und wenn wir gleichzeitig erkannt haben, daß die Anwendung der Theorie niemals innere Widersprüche enthält. Zum Beispiel glauben wir die EINSTEINsche Vorstellung vom geschlossenen dreidimensionalen Raum anschaulich zu verstehen, weil für uns die experimentellen Konsequenzen dieser Vorstellung widerspruchsfrei denkbar sind. Freilich widersprechen diese Konsequenzen unseren gewohnten anschaulichen Raum-Zeitbegriffen. Wir können uns aber davon überzeugen, daß die Möglichkeit der Anwendung dieser gewohnten Raum-Zeitbegriffe auf sehr große Räume weder aus unseren Denkgesetzen noch aus der Erfahrung gefolgert werden kann.“

Niemand wird bezweifeln, daß diese Forderung an jede physikalische Theorie gestellt werden muß. Sie ist aber offenbar weit entfernt von den Wünschen, über die wir anfangs gesprochen haben. Wie lassen sich aber jene Wünsche präzise formulieren?

Wenn wir dieser Frage nachgehen, wird sich ergeben, daß man sich eigentlich darunter nicht viel Genaues vorstellen kann und daß sich dahinter eigentlich nur teils ein gewisses Bequemlichkeitsbedürfnis, teils das unbewußte Hängen an einigen überkommenen philosophischen Systemen versteckt. Man wird vielleicht gleich anfangs einwenden, daß die letztere Behauptung unhaltbar sei, weil gerade die am meisten konkret denkenden und jeder Spekulation abholden Physiker den

[1] W. HEISENBERG, Zeitschr. f. Phys. 43, 172. 1927.

Wunsch nach Anschaulichkeit hegen. Darauf läßt sich nur sagen, daß, wer jeder Spekulation abhold ist, eben die Ergebnisse der Spekulation früherer Generationen als bare Münze übernimmt. Wir werden auch wirklich sehen, daß sich außer der von Heisenberg sehr gut formulierten Forderung sehr wenig Greifbares allgemein wünschen läßt, daß also unter den wirklich ausgearbeiteten Theorien eine Unterscheidung zwischen anschaulichen und nichtanschaulichen nur in sehr eingeschränktem Sinn gemacht werden kann.

Wenn man im gewöhnlichen Leben fragt, was es heißt „etwas anschaulich beschreiben“, so versteht man darunter die Eigenschaft einer Darstellung, den selbst erlebten Eindruck im Hörer möglichst getreu wieder zu erwecken. In diesem Sinne ist eine physikalische Theorie sicher niemals anschaulich. Ihr Wesen besteht ja darin, die Buntheit des Erlebens zugunsten eines Schemas, das vielen Erlebnissen gemeinsam ist, zurücktreten zu lassen.

Als die kopernikanische Theorie des Planetensystems aufkam, sagte man, sie widerspreche dem Augenschein, die alte ptolemäische sei anschaulicher gewesen, die neue sei zu „abstrakt“. Damit meinte man offenbar, eine Theorie sei dann anschaulich, wenn sie sich so darstellen läßt, daß die Darstellung irgendwelche unmittelbar erlebbare Ähnlichkeit mit dem Erlebnis der dargestellten Naturerscheinung hat. Fassen wir nun die geozentrische und heliozentrische Theorie des Planetensystems als Bilder auf und vergleichen sie mit dem unmittelbaren Erlebnis der Bewegung der Gestirne.

Das geozentrische Bild läßt sich etwa so erzeugen: Wir denken uns um den Beobachter auf der Erde eine in bezug auf die Erde fest ruhende Kugel geschlagen. Dann ziehen wir vom Beobachter eine geradlinige Verbindungslinie zum Planeten und verzeichnen auf der Kugel die Kurve, welche der Durchstoßpunkt des genannten Verbindungsstrahls auf ihr während der Planetenbewegung im Laufe der Jahre beschreibt, wenn wir von der täglichen Umdrehung absehen. Dann entsteht auf der Kugel das bekannte Bild der epicyclischen Schleifen.

Wollen wir hingegen das heliozentrische Bild herstellen, so denken wir uns etwa den ganzen Raum des Planetensystems mit einer weichen Masse erfüllt, die in bezug auf Sonne und Fixsternen ruht. Die Planeten erzeugen dann in dieser Masse „Schußkanäle“, welche die Gestalt der Keplerellipsen und deren Störungen haben.

Man wird kaum sagen können, daß eines dieser beiden Bilder mit dem Erlebnis der bewegten leuchtenden Punkte eine größere Ähnlichkeit hat als das andere, ja daß irgendeines von ihnen überhaupt eine Ähnlichkeit mit der Naturerscheinung selbst hat, außer daß sie eben beide nach bestimmten Vorschriften eindeutig mit jener Erscheinung zusammenhängen. Gehen wir von den bildlichen Darstellungen zu analytischen durch Veränderungen von Rechengrößen in bezug auf ein Koordinatensystem über, so ist auch diese Darstellung nichts prinzipiell Verschiedenes. Denn man kann zu jeder Formel nach den Vorschriften der analytischen Geometrie eine Figur zeichnen und umgekehrt. Das kann mehr oder weniger kompliziert sein, aber man wird doch kaum behaupten können, wollen, daß die Kurven zweiter Ordnung (Kegelschnitte) „anschaulicher“ sind als etwa Kurven zehnter Ordnung. Der Unterschied des Wertes der beiden für physikalische Theorien ist nur der Unterschied in der Einfachheit, und wir werden im Laufe der Untersuchung oft sehen, daß hinter dem Wunsch nach Anschaulichkeit nur der nach Einfachheit steckt. Denn die „anschaulichen Bilder“, aus denen die bevorzugten Theorien bestehen sollen, haben mit den Erscheinungen selbst keine größere Ähnlichkeit als die Kurven, durch die man sich das Wachstum der Bevölkerungszahl darstellt mit dem Erlebnis dieses Wachstums. Hier wie dort besteht die ganze Ähnlichkeit darin, daß die Bilder nach einer eindeutigen Vorschrift aus der Erscheinung erzeugt werden können und umgekehrt.

Denken wir nun an die Relativitätstheorie, insbesondere ihre Erklärung der Lorentzkontraktion im Gegensatz zu der Erklärung durch die Änderung der zwischen den Elektronen wirkenden Kräfte infolge ihrer Bewegung durch den Äther. Als „anschaulich“ empfinden hier viele die Einführung des Äthers als Ursache der Kontraktion. In welchem Sinn ist nun der Äther anschaulich? Doch sicher nicht so, als könnte man sich von ihm ein wirkliches optisches Phantasiebild machen, ebensowenig ein haptisches. Seine Existenz verrät sich anschaulich erlebnismäßig eben nur durch die Kontraktion und ähnliche Erscheinungen. Deren Erleben heißt also so viel wie „Anschauen des Äthers“. Wenn aber die experimentell prüfbaren Aussagen der Relativitätstheorie richtig sind, nach denen die Kontraktion ganz ebenso bei Bewegungen gegen ein im sogenannten Äther bewegtes System entsteht, so hat man bei der Bewegung dasselbe Erlebnis wie bei der sogenannten Ruhe. Infolgedessen ist die ganze Anschaulichkeit des Äthers auch in diesem Sinne eine Illusion. Wenn man sich genau prüft, wird man finden, daß man sich entweder nur ein mathematisches Bezugssystem vorstellt, also eigentlich nur das einführt, was auch die abstraktesten Theorien tun, oder jenes historisch überkommene, aber nicht aufrechtzuerhaltende Bild einer feinen gallertigen Masse mit Wirbeln.

Man findet ferner, wie gesagt, die Herleitung der Kontraktion aus den Änderungen der elektrostatischen Kohäsionskräfte bei der Bewegung, wo sie in elektrodynamische übergehen, „anschaulicher“ als die Herleitung aus dem Relativitätsprinzip. Diese Änderung der Kräfte leitet man aus den Maxwell-Lorentzschen Gleichungen des elektromagnetischen Feldes ab, welche die Eigenschaft haben, gegenüber Lorentztransformation

invariant zu sein, d. h. bei Übergang zu einem gleichförmig bewegten Bezugssystem ihre Gestalt beizubehalten. Die Relativitätstheorie zeigt nun, daß man die spezielle Gestalt dieser Feldgleichungen gar nicht zu kennen braucht, um die Kontraktion bewegter Körper herzuleiten. Sondern aus dem Prinzip der Relativität folgt bereits die Unempfindlichkeit der Feldgleichungen gegenüber der Lorentztransformation und die Kontraktion der Körper. Das ist zunächst ein logischer Fortschritt, der mit Anschaulichkeit gar nichts zu tun hat. Es ist natürlich klar, daß man aus der speziellen Gestalt der Feldgleichungen auf mehr schließen kann als auf die Kontraktion und überhaupt mehr als aus dem Relativitätsprinzip allein. Daraus folgt aber nicht, daß die Relativitätstheorie weniger anschaulich, sondern nur, daß sie allgemeiner ist. Es liegt hier genau derselbe Unterschied vor wie zwischen den Ableitungen, die aus dem Energieprinzip allein schon folgern, und denen, zu welchen man die spezielle Gestalt der Bewegungsgleichungen braucht. Die Ableitungen aus dem Energiesatz sind auch in dem von HEISENBERG geforderten Sinn anschaulich, indem bei jeder Verletzung des Energiesatzes ein bestimmtes Erlebnis zu erwarten ist, das man sich ganz genau vorstellen kann. Dasselbe gilt für die Relativitätstheorie. Die speziellen Gleichungen gestatten uns, mehr Einzelheiten darzustellen, die allgemeinen Prinzipien einen größeren logischen Zusammenhang zu erfassen. Es handelt sich also nur darum, was an den Feldgleichungen „anschaulicher" ist als am Relativitätsprinzip. Da die Beziehungen zwischen den Feldgrößen rein analytisch sind und nur in dem Sinn anschaulich, wie jede Formel geometrisch gedeutet werden kann, so kann es sich nur darum handeln, daß die Feldgleichungen über Elektronen, also materielle Pünktchen, etwas aussagen. Aber die Relativitätstheorie sagt doch von ganzen Körpern etwas aus, die sicher uns erlebnismäßig näher liegen als jene Pünktchen, deren Anschaulichkeit entweder nur in der Möglichkeit des Erlebens der Folgen der Feldgleichungen besteht, wo dann kein Unterschied gegenüber den „abstrakten" Theorien besteht, oder in dem bloßen Denken an mathematische Punkte, wo wieder eigentlich nur eine analytische Formel vorgestellt wird.

Wenn wir das alles bedenken, so bleibt nichts mehr übrig, als anzunehmen, die „Anschaulichkeit" der Erklärung durch Kohäsionskräfte bestehe in der Analogie zu dem historisch überkommenen Bild der materiellen Punkte, zwischen denen Anziehungs- und Abstoßungskräfte wirken. Man glaubt sich in diese NEWTONsche Welt besonders gut hineinleben zu können, und jede Ähnlichkeit zu ihr empfindet man als Anschaulichkeit. Dabei darf man allerdings nicht vergessen, daß zu NEWTONS Zeit gerade diese Kräfte als ganz unanschaulich gegolten haben und nur Stoßwirkungen auf das Prädikat „anschaulich" Anspruch erheben durften.

Wenn wir nun auf die BOHRsche Atomtheorie zu sprechen kommen, so gelten die um den Kern kreisenden Elektronen als „anschaulich". Warum? Sie erinnern an um die Sonne kreisende Planeten. Aber wirkliches optisches Anschauen eines Körpers heißt doch soviel wie: Beobachten und Erleben der Reaktion dieses Körpers auf einfallende Lichtwellen. Wenn aber die Bahndimensionen klein gegen die Wellenlänge sind, kann diese Reaktion gerade niemals in einem geometrisch ähnlichen Bild der Ellipsenbahnen bestehen. Sondern die Reaktion besteht eben in den Eigenschaften des vom System ausgehenden Lichtes, der Linienspektren und der Streustrahlung, wie sie von der Quantenmechanik beschrieben werden. Es ist nur eine Illusion, in den ähnlich verkleinerten Planetenbahnen etwas Anschauliches sehen zu wollen. Wenn die Ellipsenbahnen von der Größenordnung der kleinsten Wellenlängen und noch kleineren einen Sinn haben sollen, so haben sie ihn nur als geometrische Äquivalente algebraischer Formeln oder als eine liebgewordene Erinnerung an die NEWTONsche Physik. Der Grund, warum man die kreisenden und springenden Elektronen für besonders anschaulich hält, ist also sehr merkwürdig. Man könnte dem Sprung kein anderes anschauliches Erlebnis zuordnen als das Erleben der Strahlung, die auch durch die neue Quantenmechanik ihren Grundformeln zugeordnet wird. Man will also mit der Forderung der Anschaulichkeit, wie es scheint, eigentlich als wünschenswert hinstellen, daß dieselbe Theorie außer der Strahlung auch noch ein ganz anderes Erlebnis (in unserem Fall die Planetenbahnen) wiedergeben soll, das uns durch die Erfahrung oder besser gesagt: durch die geschichtliche Entwicklung der Physik, vertrauter ist.

HEISENBERG weist ausdrücklich darauf hin, daß dem Begriff „Elektronenbahn" bei den niedrigen Quantenzahlen gar kein Erlebnis entspricht, das mit einer Ellipse die mindeste Ähnlichkeit hat. Er hebt die Analogie mit der Relativitätstheorie hervor, die darin besteht, daß nur prinzipiell beobachtbaren Erlebnissen zugeordnete Begriffe herangezogen werden. So wie die Relativitätstheorie nur Aussagen über empirisch feststellbares gegenseitiges Verhalten von starren Maßstäben und Uhren macht, so die Quantenmechanik nur über beobachtbare Reaktionen von Körpern auf Strahlung.

Sehr mit Unrecht haben manche Physiker und Philosophen in der Quantentheorie eine Art philosophischen Gegensatzes zur Relativitätstheorie gesehen, eine Art neuen Absolutismus. Diese Auffassung ist durch die neue Quantenmechanik, wie sie etwa HEISENBERG darstellt, gründlich erschwert. Es wäre natürlich aber auch falsch, in der neuen Theorie eine Art erkenntnistheoretischen Skeptizismus zu erblicken. Diese verfehlte Auffassung hat auch schon die Relativitätstheorie gefunden, wo sehr viele Mißverständnisse dadurch entstanden, daß populäre und halbpopuläre Darstellungen den Anschein erweckten, als führte sie den Beobachter als einen kausal bestimmenden Faktor ein, wobei einige ganz Naive sogar einen

Zusammenhang mit der Subjektivität der Sinneswahrnehmung herausfanden.

An Stelle des Beobachters kann überall ein mechanischer Registrierapparat gesetzt werden. Man kann den Grundgedanken der Relativitätstheorie geradezu so ausdrücken: die Registrierapparate und die Vorgänge bei deren Erzeugung und Eichung gehören zu dem System, dessen Gesetzmäßigkeiten wir darstellen wollen, als wesentliche Bestandteile.

Dasselbe gilt auch für die Quantenmechanik. HEISENBERG setzt auseinander[1], daß die Lage eines Elektrons nur scharf definiert ist, wenn seine Geschwindigkeit unscharf ist und umgekehrt. Die Lage eines Elektrons kann nur durch sein scharfes geometrisch-optisches Bild physikalisch-anschaulich erfaßt werden. Dazu braucht man sehr kurzwelliges Licht. Die Geschwindigkeit des Elektrons kann man aus dem Dopplereffekt des von ihm zerstreuten Lichtes beurteilen. Wenn der Effekt rein ist, so hat dieses Licht je nach der Richtung eine bestimmte Farbe. Die Symmetrieachse dieser Verteilung ist die Geschwindigkeitsrichtung, in der die größte Frequenz ausgesendet wird. Wenn aber das auffallende Licht sehr kurzwellig ist, so entsteht ein merklicher COMPTON-Effekt. Da dieser von dem Winkel zwischen eingestrahlten Licht und Streulicht abhängt, wird dadurch die Wirkung des von der Einfallsrichtung unabhängigen Dopplereffektes verwischt und die Beurteilung der Geschwindigkeit des Elektrons unbestimmt.

Auch hier wird sich leicht das Mißverständnis einschleichen, als werde durch die angeführten Betrachtungen nichts über die „Natur" der Atome, sondern nur etwas über unsere subjektiven Wahrnehmungen ausgesagt. Man kann aber an Stelle des Beobachters eine Linse setzen, die das Elektron mit Hilfe des erwähnten kurzwelligen Lichtes auf eine Platte abbildet. Dieses Bild kann scharf oder verschwommen sein. Man kann ferner die Dopplerverschiebung der Spektrallinien des nach den verschiedenen Richtungen zerstreuten Lichtes ebenfalls photographisch aufnehmen. Die Symmetrie des so erhaltenen Effektes und die Abhängigkeit vom Winkel dieser Richtung mit einer festen Richtung kann entweder scharf dem DOPPLERschen Gesetz genügen; dann ist die feste Symmetrieachse die scharf definierte Geschwindigkeit. Oder die Abhängigkeit, die die Dopplerformel verlangt, zeigt sich nur verschwommen. Dann läßt sich keine scharfe Geschwindigkeit für das Elektron definieren. Was aber empirisch konstatiert wird, ist ein ganzes bestimmtes physikalisches Erlebnis: scharfe optische Bilder sind immer mit verschwommenem Dopplereffekt verbunden und scharfe Dopplereffekte mit verschwommenen Bildern.

Wenn man daraufhin meint, damit werde nichts über die Lagen und Geschwindigkeiten der Elektronen selbst ausgesagt, sondern nur über die Möglichkeiten ihrer genauen Messung, so ist zu erwidern: man muß zwischen Lagekoordinaten als mathematischen Begriffen und Lagekoordinaten als physikalischen Erlebnissen unterscheiden. Als letzteres werden sie eben in den Eigenschaften des zerstreuten Lichtes erlebt; im ersteren Sinne zeigt aber die Quantenmechanik, daß die Koordinatentripel von Punkten nicht die geeignetsten Größen sind, um die Strahlungserscheinungen darzustellen. Aber irgend etwas „Anschauliches" liegt in diesen materiellen oder elektrischen Punkten nicht.

Die Forderung der Darstellung durch bewegte Punkte oder Ätherschwingungen hat gar nichts mit der Forderung nach Anschaulichkeit zu tun, sondern nur mit einer bestimmten metaphysischen Weltanschauung, die sich aus zwei Teilen zusammensetzt, die zuerst sehr ungleichartig aussehen, aber sich doch gegenseitig bedingen.

Erstens: der materialistischen Weltauffassung, nach der alles Geschehen in letzter Linie auf die Bewegung absolut harter kleiner Teilchen im Leeren zurückgeführt werden kann, eine Anschauung, die von dem antiken Epikuräismus über die NEWTONsche Gravitationslehre, das LAPLACEsche Weltsystem bis zu der modernen Elektronentheorie führt.

Zweitens: der idealistischen Philosophie mit ihrer Sonderstellung der geheimnisvollen Dreizahl von Raum, Zeit, Kausalität (oder Raum, Zeit, Materie), wo mit Hilfe des, wie mir scheint, widersinnigen Begriffes der „reinen" Anschauung eine kühne Brücke geschlagen wird, die von der mystischen Intuition zum wirklichen optischen Anschauungserlebnis hinüberführt. Dadurch gelingt es, den Namen „anschaulich" auf das anzuwenden, das prinzipiell unanschaulich ist, wie in unserem Beispiel die niederquantigen Elektronenbahnen. Während HEISENBERG mit Recht die Bezeichnung „anschaulich" auf solche physikalische Theorien anwendet, deren Sätzen wirkliche Erlebnisse zugeordnet werden können, wo man dann Grade von Anschaulichkeit danach unterscheiden kann, je nachdem schon für die Grundannahmen einer Theorie oder erst für mehr oder weniger entfernte Folgerungen diese Zuordnung möglich ist, ergibt sich unter dem Einflusse der idealistischen Philosophie der seltsame Sprachgebrauch, daß man anschaulich solche Theorien nennt, deren Grundbegriffe sich mit Hilfe jener ausgezeichneten Dreizahl von Begriffen darstellen lassen.

II.

Wir können aber den ganzen Kampf für die „Anschaulichkeit" noch in einem anderen Zusammenhang betrachten. Die positivistische Auffassung der Physik, wie sie insbesondere von E. MACH vertreten wurde, hat in vielen hervorragenden Physikern bekanntlich scharfe Gegner gefunden. Gegenüber jener Auffassung, nach der alle physikalischen Erkenntnisse nur rationelle Verknüpfungen von Aussagen über Sinnesempfindungen sind, haben die großen Erfolge der Atomistik und Elektronik dazu geführt, in den physikalischen Theorien Aufschlüsse über das wirkliche

[1] l. c.

innerste Wesen der Materie zu sehen. Da die EINSTEINsche Relativitätstheorie im Gegensatz dazu die positivistische Auffassung begünstigt, entstand eine Art Widerspruch zwischen Atomistik und Relativitätstheorie, der natürlich kein logischer oder experimenteller war, sondern ein Widerspruch der erkenntnistheoretischen Tendenz, manchmal sogar der metaphysischen Ausdeutung. M. PLANCK hat in seinem bekannten Vortrag: „Vom Relativen zum Absoluten" diese Tendenz der Atomistik unterstrichen und versucht, auch die Relativitätstheorie in diesem Sinne zu deuten.

In einem Aufsatz, den ich im Todesjahre E. MACHS in dieser Zeitschrift[1] veröffentlichte, habe ich versucht, gegenüber der Kritik PLANCKS und anderer Vertreter der exakten Wissenschaften, den positivistischen Standpunkt in der Physik zu verteidigen. Man muß ohne weiteres zugeben, daß die Ansicht MACHS, die wichtigsten Fortschritte der Physik würden durch die der Sinnesphysiologie angeregt werden, sich nicht bewahrheitet hat. Ich habe aber dort darauf hingewiesen, daß der Sinn der positivistischen Auffassung der Physik der ist, daß alle ihre Aussagen schließlich in Aussagen über Sinnesempfindungen aufgelöst werden können, und daß alles andere, wie Atome, Elektronen usw., nur Hilfsbegriffe sind. Wenn auch z. B. die Fortschritte durch die Relativitätstheorie nicht in einer sinnesphysiologischen Aufklärung bestehen, so doch darin, daß ganz folgerichtig alle physikalischen Aussagen auf solche über die Beziehungen zwischen Ablesungen von Meßinstrumenten, also im letzten Grunde auf Beziehungen zwischen Sinnesempfindungen, zurückgeführt wurden. Damit wurde die ausgezeichnete Stellung von Raum und Zeit beseitigt; an Stelle der mysteriösen Dreizahl von Raum, Zeit, Materie tritt eine Reihe von gleichberechtigten Meßergebnissen, unter denen die Zeitmessungen im wesentlichen keine andere Rolle spielen als die Ergebnisse einer Wägung oder der Ablesung eines Thermometers. Diese erkenntnistheoretische Seite der EINSTEINschen Relativitätstheorie scheint mir noch nicht genügend anerkannt zu sein. Selbst Physiker bemühen sich oft krampfhaft, die Relativitätstheorie als „philosophisch ohne Belang" zu erweisen und glauben sie dadurch zu verteidigen. Als gewissenhafte Fachleute auf dem Gebiet der Physik halten sie es für ihre Pflicht, die Philosophen auf ihrem Gebiet nicht zu stören und nehmen die auf unseren Universitäten gelehrten idealistischen Systeme als bewiesene Tatsachen hin, mit denen man sich hüten muß in Konflikt zu geraten. Ich glaube aber, daß gerade mit der Relativitätstheorie ein großer Schritt auf dem Wege getan ist, der zur Beseitigung der aus dem antik-mittelalterlichen Weltbild stammenden Sonderstellung von Raum und Zeit führt, den verblaßten Resten von Himmelsraum und Ewigkeit.

Diese Entwicklungslinie wird noch deutlicher, wenn wir erwägen, daß die neue Form der Quantenmechanik, wie sie in den Arbeiten von SCHRÖDINGER und HEISENBERG auftritt, in ganz entschiedener Weise die Gesichtspunkte der Relativitätstheorie weiterführt. Der Begriff des Ortes, der scharf definierten Stelle im Raum, erweist sich als nicht für alle Erscheinungen anwendbar. Der letzte feste Punkt wird in der unmittelbar erlebbaren Reaktion eines Atoms auf Lichtstrahlen gesehen. Ganz im Sinne der MACHschen Auffassung der Physik, wie ich sie in dem oben erwähnten Aufsatz dargestellt habe, erweisen sich die Hilfsbegriffe „Ort des Elektrons" u. ä. nicht als allgemein anwendbar, ja das Festhalten an ihnen erschwert das Verständnis der Strahlungserscheinungen. Wenn man, wie die Mehrzahl der Philosophen, jener schon charakterisierten idealistisch-materialistischen Raumzeitlehre anhängt, so ist die HEISENBERGsche Quantenmechanik ein Verzicht auf das Verständnis der Natur überhaupt, das ja nach jener Auffassung mit der raumzeitlichen Deutung, also im wesentlichen mit der mechanistischen Erklärung aller Erscheinungen, steht und fällt. In der positivistischen Naturauffassung haben wir aber einen festen Punkt gewonnen. Nach ihr ist jede Theorie berechtigt, bedeutet jede ein Verständnis der Naturerscheinungen, die eine eindeutige Verknüpfung zwischen den Sinneseindrücken herstellt. In dem Schicksal der materialistischen Weltauffassung zeigen sich so recht die schädlichen Folgen einer Vergötterung der Hilfsbegriffe. Da sie zuerst als Atomismus, als die Vorstellung von der Bewegung materieller Teilchen durch den Raum, aufgetreten ist, hat man dieses Weltbild als das einzige „anschauliche" bezeichnet; man hat auf der einen Seite es deshalb nicht aufgeben wollen, auf der anderen wieder, als dessen Unzulänglichkeit sich immer deutlicher herausstellte, mit Triumph den „Bankerott des Materialismus", oder, wie es auch gerne heißt, die „Überwindung des Materialismus" proklamiert, womit man oft die stille Hoffnung auf die Überwindung der wissenschaftlichen Weltauffassung überhaupt zugunsten einer rein intuitiven, d. h. je nach den individuellen oder parteimäßigen Wünschen gefärbten, verband.

Die große Tat der Materialisten des achtzehnten Jahrhunderts ist aber in Wirklichkeit die Forderung, alle Naturerscheinungen auf präzise, mathematisch formulierbare Sätze und deren Folgerungen zurückzuführen und nicht auf verschwommene Begriffe, wie: Tendenzen, Strebungen u. ä. Die Atome und der Äther waren dabei nur Hilfsbegriffe. Man hat aber später diese Hilfsbegriffe zur Hauptsache gemacht. Nichts zeigt so sehr wie die HEISENBERGsche Quantenmechanik, daß die „Anschaulichkeit" nur in den Beziehungen der physikalischen Sätze zu den Erlebnissen gesucht werden kann, daß die materialistische Auffassung auch heute, nur im positivistischen Sinne verankert, das Fundament jeder wissenschaftlichen Naturerkenntnis bildet, und daß die Anschaulichkeit der Quan-

[1] Die Bedeutung der physikalischen Erkenntnistheorie MACHS für das Geistesleben der Gegenwart. Die Naturwissenschaften 5, 65ff. 1917.

tenmechanik wie die der Relativitätstheorie in keiner Weise hinter der der alten physikalischen Theorien zurücksteht.

Die Überzeugung, daß hinter der Forderung nach Anschaulichkeit meist im Grunde die Forderung nach dem materialistischen Weltbild in seiner ursprünglichen mechanistischen Form steckt, gewinnt sehr an Boden, wenn man einen Blick auf die Art wirft, wie diese Forderung in den letzten Jahren vertreten wurde.

Unter den hervorragenden deutschen Physikern hat vielleicht am schärfsten P. LENARD im Kampfe gegen die EINSTEINsche Relativitätstheorie die anschaulichen Bilder „zweiter Art" gegenüber den unanschaulichen „erster Art" ausgespielt. „Nun aber sind die Bilder des Naturforschers von zweierlei Art. Quantitativ sind sie immer; sie können sich sogar ganz darin erschöpfen, quantitative Beziehungen zwischen beobachtbaren Größen zu sein . . . Man kann aber weiter gehen — und das ergibt die zweite Art der Bilder —, indem man sich von einer Überzeugung leiten läßt, ohne welche die Naturforschung sicherlich nie Erfolg gehabt hätte. Von der Überzeugung nämlich, daß alle Vorgänge in der Natur — *in der unbelebten Natur wenigstens* — bloße Bewegungsvorgänge sind, d. i. nur in Ortsveränderungen eines *ein für allemal gegebenen Stoffes* bestehen. Dann würde es sich in jedem Falle um Mechanismen handeln, und die Gleichungen, die wir uns als Bilder erster Art gemacht haben, müssen *Gleichungen der Mechanik* sein[1]." „Man sieht aus dieser Erörterung, daß ich die Bilder zweiter Art als höherstehend betrachte gegenüber denen erster Art[2]."

Der Ausdruck „ein für allemal gegebener Stoff" verrät schon die Herkunft des Ganzen aus dem Gedankenkreis des mechanistischen Materialismus in seiner alten metaphysischen Form. Durch den einschränkenden Zusatz „in der unbelebten Natur wenigstens" wird jener charakteristische Zusammenhang mit der idealistisch-vitalistischen Philosophie hergestellt, der bei den heute noch herrschenden philosophischen Schulen so häufig vorkommt, und dessen mehr oder weniger verborgener Sinn eigentlich der ist: die Theorie der unbelebten Natur soll möglichst primitiv materialistisch gehalten sein, um die Kluft gegenüber dem Belebten so weit es nur geht zu erweitern, und Raum zu schaffen für eine idealistische, d. h. den jeweiligen Wünschen entsprechende Theorie des Lebens. Es ist dies derselbe materialistisch-idealistische Gedankenkreis, dessen Einwirkung auf viele Physiker ich schon bei der Besprechung der Raumzeitlehre hervorgehoben habe.

Ebenso zeigt sich die Beziehung zum Mechanismus in seiner ursprünglichen Form in der unbedenklichen Verwendung des Ausdruckes „Gleichungen der Mechanik". Was sind damit für Gleichungen gemeint? Die der klassischen Mechanik oder die der speziellen oder allgemeinen Relativitätstheorie? Daß mit diesem Ausdruck gar nichts Bestimmtes ausgesagt ist, sieht man sofort, wenn man die Frage aufwirft: sind die Gleichungen der HEISENBERG-BORN-JORDANschen Quantenmechanik noch Gleichungen der Mechanik oder nicht?

Auch die weiteren Ausführungen LENARDS zeigen die Herkunft vom metaphysischen Materialismus. „Die . . . Beschränkung auf direkt beobachtbare Größen . . . ist eine Stärke der Bilder erster Art, aber auch eine Schwäche derselben; denn es ist für den gesunden Verstand eines Naturforschers vom heutigen Kenntnisumfang nicht der mindeste Zweifel, daß weitaus die meisten vorhandenen Dinge auch selbst in der rein materiellen Natur unseren ärmlichen 5 oder 6 Sinnen verborgen sind, daß also die Beschränkung, welche diese verborgenen Mitspieler gänzlich ausschaltet, eine Beschränkung von geradezu furchtbarem Umfang ist[1]."

In Wirklichkeit hat aber die positivistische Auffassung mit der Beschränktheit der Sinne gar nichts zu tun. Die Atome — und das ist eben ein Ergebnis unserer bisherigen Betrachtungen —, sind gar keine „sichtbaren" Punkte. Die Vorstellung, daß man bei größerer Sinnesschärfe die Atome so sehen könnte wie jetzt die Sonne, ist eine Illusion. Denn „Sehen" heißt die Wahrnehmung der durch die Atome hervorgebrachten Lichtzerstreuung, die uns nie zu den gewünschten geometrisch ähnlichen Bildern führen kann. Nehmen wir aber trotzdem die Existenz jener Punkte an, so ist das gar kein „Bild zweiter Art", sondern bloß eine mathematische Darstellung, also im LENARDschen Sinn nur ein Bild erster Art und man kann das Wort von MACH anwenden: „Es liegt keine Notwendigkeit vor, sich das bloß Gedachte räumlich, d. h. mit den Beziehungen des Sichtbaren und Tastbaren, zu denken, ebensowenig als es nötig ist, dasselbe in einer bestimmten Tonhöhe zu denken."

Dieser Satz findet sich in einem im Jahre 1871 in der böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag gehaltenen (zuerst 1872 erschienenen) Vortrag[2], wo MACH im Gegensatz zu den Vertretern des metaphysischen Materialismus, insbesondere zu W. WUNDT, mit aller Schärfe betont, daß es keine Notwendigkeit gibt, sich die Vorgänge im Inneren des Atoms als Bewegungen von Punkten im dreidimensionalen Raum vorzustellen.

Es ist interessant, daß MACH zu dieser Meinung durch seine Versuche kam, die Spektra der chemischen Elemente streng mechanisch zu erklären. Das Scheitern dieser Bemühungen bei Abfassung seines Compendiums der Physik für Mediziner im Jahre 1862 führte ihn dazu, die Vermutung anzudeuten, daß „man sich die chemischen Elemente

[1] P. LENARD, Über Äther und Materie, S. 5. Heidelberg 1911. (Der Kursivdruck vom Verf. veranlaßt.)

[2] P. LENARD, Über Relativitätsprinzip, Äther, Gravitation, S. 25. Leipzig 1920.

[1] P. LENARD, l. c. S. 26.

[2] E. MACH, Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit, 2. Aufl. S. 27. Leipzig 1909.

nicht in einem Raum von drei Dimensionen vorstellen müsse". Er wagte jedoch nicht, das „vor den orthodoxen Physikern unumwunden auszusprechen[1]".

In dem erwähnten Vortrag sagt er aber schon: „Warum es bis jetzt nicht gelungen ist, eine befriedigende Theorie der Elektrizität herzustellen, das liegt vielleicht mit daran, daß man sich die elektrischen Erscheinungen durchaus durch Molekularvorgänge in drei Dimensionen erklären wollte[2]."

Ja MACH gibt dort sogar eine Andeutung einer Theorie, wo als Darstellung des Aufbaus einer Verbindung aus Elementen nicht die Orte der Atome, aus denen sie besteht, verwendet werden, sondern die Verbindungswärmen, die bei der Reaktion je zweier Elemente auftreten. Diese Wärmetönungen lassen sich als Strecken in einem höherdimensionalen Raum auffassen und man erhält so eine Theorie des Aufbaus der chemischen Verbindung, die, auf die Zusammensetzung des Atoms aus Elektronen angewendet, ungefähr der Darstellung durch Energiestufen entspricht. Es wäre natürlich absurd, zu behaupten, daß MACH damit die BOHR-HEISENBERGsche Atomtheorie vorausgeahnt hat, aber man muß ihm doch recht geben, wenn er in einer 1909 seinem Vortrag hinzugefügten Anmerkung sagt: „Die Räume von mehreren Dimensionen scheinen mir nicht so wesentlich für die Physik. Ich möchte sie nur aufrecht halten, wenn man Gedankendinge wie die Atome für unentbehrlich hält, wo man dann auch die Freiheit der Arbeitshypothese aufrecht halten muß." Und man muß sogar sagen, daß uns heute diese Freiheit noch wichtiger erscheint als er selber geahnt haben mag.

In der Ansicht, daß die Bevorzugung der Darstellung des Geschehens durch Bewegungen von Punkten in Raum und Zeit gar nichts mit der „Anschaulichkeit" und gar nichts mit der „Beschränktheit der Sinne" zu tun hat, sondern nur eine teils bewußte, teils unbewußte Einwirkung des metaphysischen Materialismus ist, wird man noch bestärkt, wenn man beachtet, wie die zitierten Äußerungen MACHS, in denen die schärfste Ablehnung jenes Standpunktes enthalten ist, auf solche Autoren wirken, für die das Wesentliche gerade der Materialismus als Weltanschauung und gar nicht die „Anschaulichkeit" oder „heuristische Bedeutung" physikalischer Theorien ist. Gerade die Ausführungen MACHS, in denen wir eine gute erkenntnistheoretische Grundlegung der neuesten Quantenmechanik sahen, haben LENIN[3] in seiner 1908 erschienenen Schrift: „Materialismus und Empiriokritizismus; kritische Bemerkungen zu einer reaktionären Philosophie" zu heftigen Angriffen veranlaßt. Er sagt dort:

„Der Gedankengang vom Standpunkt jenes aufrichtigen und unverwischten Machismus, den MACH im Jahre 1872 offen vertrat, ist ganz unstreitig der folgende: Wenn die Moleküle und Atome, mit einem Wort die chemischen Elemente, nicht Gegenstände der Empfindung sind, so sind sie bloß gedachte Dinge. Und wenn dem so ist und wenn auch Raum und Zeit keine objektive Bedeutung haben, dann ist klar, daß man sich die Atome überhaupt nicht *räumlich* vorzustellen braucht. Mag die Physik und die Chemie sich auch auf den dreidimensionalen Raum beschränken, in dem die Materie sich bewegt, so kann man nichtsdestoweniger zur Erklärung der Elektrizität deren Elemente in einem *nicht*-dreidimensionalen Raum suchen."

„Dieser Gedankengang MACHS ist der Übergang aus dem Lager der Naturwissenschaft in das Lager des Fideismus. (Unter Fideismus versteht LENIN dabei eine Lehre, die den Glauben an Stelle des Wissens setzt oder wenigstens dem Glauben eine gewisse Bedeutung zuschreibt.) Die Naturwissenschaft suchte auch im Jahre 1872, sie sucht und findet — oder spürt wenigstens — das Atom der Elektrizität, das Elektron, im dreidimensionalen Raum. Die Naturwissenschaft denkt gar nicht daran, daß die Materie, die von ihr erforscht wird, anders existieren kann als im dreidimensionalen Raum; und infolgedessen können auch die Teilchen dieser Materie, mögen sie auch so klein sein, daß wir sie nicht sehen können, notwendig nur im dreidimensionalen Raum bestehen[1]."

„Wenn MACH mit Recht die Atome der Elektrizität oder die Atome überhaupt außerhalb des dreidimensionalen Raumes sucht, warum ist dann die Mehrzahl der Menschen nicht im Recht, wenn sie die Atome oder die Grundlagen der Moral außerhalb des dreidimensionalen Raumes sucht?[2]"

In diesen mit so viel Schärfe ausgesprochenen Ansichten des Mannes, der nicht nur der Schöpfer des Sowjetstaates war, sondern der ihm auch seine in der materialistischen Weltanschauung verankerten ideologischen Grundlagen gegeben hat, spiegelt sich die große Bedeutung wider, die vom Standpunkt dieser Weltanschauung der Frage zugeschrieben wird, ob die Darstellung der Naturerscheinungen durch Bewegungen im Raum und Zeit die einzig annehmbare ist. In der leidenschaftlichen Ablehnung der auf den MACHschen Positivismus gegründeten neuen physikalischen Theorien findet sich der bewußte Materialist und der den Materialismus in der unbelebten Natur nur als Gegenstück zu einem Vitalismus des Belebten schätzende Idealist.

Ich glaube aber, daß wir gerade in diesen neuen Theorien, der Relativitätstheorie wie der Quantenmechanik, ein wichtiges Anzeichen dafür besitzen, daß die Grundidee des Materialismus der Aufklärungszeit, die mathematische Darstellung alles Naturgeschehens, nicht notwendig an den primitiven Mechanismus geknüpft ist, daß also

[1] l. c. S. 55.
[2] l. c. S. 30.
[3] N. LENIN (W. ULJANOW), Gesammelte Werke Bd. 10, S. 147. Moskau 1923 (Russisch).

[1] l. c. S. 148.
[2] l. c. S. 149.

dessen Unfähigkeit, die Natur als Ganzes zu umfassen, kein Beweis für den „Bankerott des Materialismus" ist, sondern daß die allmähliche wissenschaftliche Durchdringung des Weltgeschehens auch heute noch in derselben Richtung fortschreitet, die etwa durch die dem Weltsystem eines LAPLACE zugrundeliegenden methodischen Ideen sich kennzeichnen läßt. „Überwunden" ist nicht der Materialismus, sondern seine erste Gestalt als Vorstellung, alles Geschehen sei *im Grunde* nur die Bewegung kleiner Pünktchen in einem mehr oder weniger stofflich gedachten Raum.

Der Angriffspunkt der Strahlen in der Zelle.

Von JAKOB SEIDE, München.

Die Bemühungen zur Erforschung des Wesens der biologischen Strahlenwirkungen dauern schon beinahe drei Jahrzehnte. Ein überaus reiches Tatsachenmaterial wurde durch unzählige Beobachtungen und Experimente herbeigeschafft, und doch sind wir von der endgültigen Klärung der damit zusammenhängenden Probleme noch sehr weit entfernt.

Zwei Hauptfragen werfen sich hierbei auf: erstens, welche Bestandteile der lebenden Zelle bilden den Angriffspunkt für die Wirkung der strahlenden Energie; zweitens, wie ist die Strahlenwirkung überhaupt zu erklären?

Bei der Beantwortung der ersten Frage handelt es sich in der Hauptsache darum, festzustellen, welche von den beiden wichtigsten Trägern der Lebensfunktionen der Zelle, das Plasma oder der Kern, primär durch die Strahlen beeinflußt wird. Die Aufgabe ist keineswegs leicht, da die Ergebnisse der histologischen Untersuchungen nie einen genauen Aufschluß über den Grad und die Zeitfolge der Schädigung eines der beiden Zellbestandteile geben können. Schon das Erkennen von Veränderungen in der Struktur des Plasmas mit unseren Hilfsmitteln bereitet große Schwierigkeiten; außerdem kommt noch der Umstand hinzu, daß Plasma und Kern nicht gesondert der Einwirkung der Strahlen ausgesetzt werden können und bei ihrer weitgehenden gegenseitigen Abhängigkeit voneinander bewirkt die Schädigung des einen oder des andern so schwerwiegende Störungen in den Lebensfunktionen der Zelle, daß starke sekundäre Schädigungen beider die Folge sind. Ein indirekter Weg, die Beeinflussung des Kernes und des Plasmas festzustellen, ist die Beobachtung der Funktion der Zelle nach erfolgter Bestrahlung. Da im Kern der Hauptfaktor für die generative Funktion der Zelle liegt, so kann aus der Hemmung oder dem Ausfall dieser Funktion auf den Grad der Kernaffektion geschlossen werden, während die Schädigung des Plasmas andere Störungen, z. B. erhöhte Durchlässigkeit für Salze oder Anfärbbarkeit nach sich zieht. Aber auch diese Methode lieferte keine eindeutigen Resultate, und so bildeten sich im Laufe der Zeit zwei Parteien, von denen die eine den Kern, die andere das Plasma für den primär durch Strahlen beeinflußten Zellbestandteil hielt. Dabei muß bemerkt werden, daß die erstere weit mehr Anhänger zählt, und daß es viele Forscher gibt, die eine gleichzeitige Affektion des Kernes und des Plasmas annehmen.

Schon SCHAUDINN (1898) konnte feststellen, daß Amoeba princeps im Vielkernstadium gegen die Einwirkung von Röntgenstrahlen viel empfindlicher ist als im Einkernstadium. Diese Feststellung würde den Schluß erlauben, daß die Kernsubstanz stärker affiziert wird, da bei ihrer Vermehrung die Empfindlichkeit des ganzen Zellorganismus gegen Röntgenstrahlen gesteigert wird. MARG. ZUELZER (1905) faßt ihre Anschauungen nach Bestrahlungsversuchen an verschiedenen Protozoen auf folgende Weise zusammen: „... Meine Beobachtungen dürften die elektive Wirkung der Radiumstrahlen bestätigen, und zwar auf eine spezielle Schädigung der Kernsubstanz hinweisen ... Das Protoplasma scheint erst später allmählich geschädigt zu werden." Eine außerordentlich hohe Empfindlichkeit der Leukocytenkerne beobachtete HEINEKE (1905 nach HOLTHUSEN 1925) bei Röntgenbestrahlungen. Die Kerne zerfielen so schnell, daß HEINEKE von einem explosionsartigen Zerfall spricht. VERNONI (1911) hält auf Grund von Radiumexperimenten am Hühnerei die Empfindlichkeit des Kerns für größer als die des Protoplasmas, das jedoch ebenfalls geschädigt wird.

Eine ganz besondere Stütze der Anschauungen von der alleinigen oder zumindest primären Schädigung des Kernes bilden die Untersuchungen von O. P. und G. HERTWIG. Alle Arbeiten dieser Autoren, die an verschiedenen Objekten ausgeführt wurden, brachten als übereinstimmendes Ergebnis die ausgesprochene Schädigung des Chromatins.

Der grundlegende Versuch, aus dem diese Tatsache erschlossen werden konnte, war die Befruchtung von Amphibieneiern mit bestrahlten Spermatozoen. Mäßige Bestrahlung von Spermatozoen und nachfolgende Befruchtung der unbestrahlten Eier führte zu einer gestörten Furchung und einer abnormen Entwicklung. Der durch Radiumstrahlen geschädigte Spermakern wirkte sozusagen als Contagium vivum und beeinflußte das Ei in schädlicher Weise. Wurden jedoch die Spermatozoen mit sehr hohen Radiumdosen behandelt und dann zur Befruchtung verwendet, so war merkwürdigerweise die Entwicklung des Eies eine normale. Dieses im ersten Augenblick unerklärliche Verhalten wurde jedoch verständlich, als die cytologische Untersuchung Haploidie des Embryo ergab. Das Ei entwickelte sich nur mit dem Eikern, also parthenogenetisch, wobei das befruchtende, aber durch die Bestrahlung abgetötete Spermatozoon lediglich die Rolle eines Entwicklungsreizes spielte, ähnlich wie mechanische oder

chemische Reize, die eine künstliche Parthenogenese hervorrufen. Aus diesem Versuch wird die ausschließliche Schädigung des Chromatins gefolgert, und zwar aus dem Grunde, weil das Spermatozoon fast gar kein Plasma besitzt, hingegen aber eine dem Chromatin des Eies gleichwertige Chromatinmasse.

Die Tatsache einer ausgesprochenen Kernschädigung wurde nicht nur auf dem oben beschriebenen Wege, sondern auch direkt durch histologische Untersuchung der Embryonen einwandfrei erwiesen. Das Chromatin des Kernes soll aber dabei die einzig affizierte Substanz sein. Diese Anschauung wird in einer sehr radikalen Form vertreten, wie es z. B. folgendes Zitat beweist: „. . . eine Schädigung des Plasmas anzunehmen liegt kein Grund vor, da keine Veränderungen wahrzunehmen sind und zumal die Plasmateilungen in der üblichen Weise erfolgen" (P. HERTWIG 1911).

FAURÉ-FREMIET (1912) berichtet über die Bestrahlung von Ascariseiern mit Röntgenstrahlen, daß die Chromosomen unter ihrem Einfluß zerstört, ja direkt pulverisiert erscheinen. An anderer Stelle (1913) äußert er sich wie folgt: „Il est donc certain, que le rayons X agissent fortement sur une certaine forme des noyaux des cellules embryonnaires . . . Mais il faut remarquer, que nous n'en pouvons point conclure, que l'action de ces irradiations porte exclusivement sur l'appareil nucleaire, car il n'existe encore aucun moyen de le demontrer." PAYNE (1913) konnte bei Radiumbestrahlungen an demselben Objekt die gleichen Schädigungen des Chromatins, nämlich einen Zerfall in Brocken feststellen. RICHARDS (1914) beobachtete nach Bestrahlungen der Eier von Planorbis lenta eine Stimulation der mitotischen Aktivität, ist jedoch mit WOODWARD (1915) der Ansicht, daß es sich dabei nicht nur um die Beeinflussung der Kernsubstanz, sondern um eine Wirkung auf verschiedene Zellenzyme handelt. PACKARD (1918) beobachtete eine weit stärkere Beeinflußbarkeit des Chromatins bei Bestrahlungen von Chaetopteruseiern mit Radiumstrahlen als des Protoplasmas. Das Stadium der Mitose ist gegen strahlende Energie besonders empfindlich. Kern- und Plasmaschädigungen erfolgen bei Bestrahlungen von Paramaecien mit Mesothorium (MARKOVITS 1922). Auf eine geistreiche Weise versuchte SCHLEIP (1923) die Frage nach Wirkung der ultravioletten Strahlen auf die morphologischen Bestandteile der Zelle zu klären. Er zentrifugierte Ascariseier vor der Bestrahlung und erreichte dadurch eine weitgehende Sonderung der morphologischen Bestandteile der Eizelle, die sich unter dem Einfluß des Zentrifugierens ihrer Schwere nach angeordnet haben. Diese Sonderung blieb eine ziemlich lange Zeit bestehen und erlaubte eine Bestrahlung der einzelnen Bestandteile. Durch Anwendung des TSCHACHOTINschen Strahlenstichapparates, der die Bestrahlung eines mikroskopischen Eibezirkes ermöglichte, konnten kleine Felder des Plasmas, der Kern (allerdings mit einer dünnen, über ihm liegenden Plasmaschicht) und der Dotter dem ultravioletten Licht der Magnesiumlinie von der Wellenlänge 280 $\mu\mu$ ausgesetzt werden. Es zeigte sich, daß die Bestrahlung des Kernes die stärksten Schädigungen hervorrief, wenn auch die Bestrahlung eines kleinen, vom Kern weit entfernten Plasmafeldes das ganze Ei in der Entwicklung weitgehend störte. Die Bestrahlung des Dotters hatte den gleichen Einfluß wie die des Plasmas.

Eine bis zur Pyknose sich steigernde Schädigung des Zellkerns sahen ALBERTI und POLITZER (1924) nach Röntgenbestrahlungen der Cornea von Salamanderlarven. Auch ein vollkommener Stillstand der Mitosen konnte von ihnen beobachtet werden. MULLER und DIPPEL (1926) stellten fest, daß unter dem Einfluß von Röntgenstrahlen die Chromosomen der Drosophila der Quere nach zerbrechen, ein Verhalten, das auf genetischem Wege bereits von MAVOR festgestellt wurde.

Gegenüber den zahlreichen Feststellungen der ausgesprochenen Affektion des Zellkerns durch strahlende Energie sind die Angaben über die Beeinflussung des Protoplasmas ziemlich spärlich. Dies liegt einerseits daran, daß es viel schwerer ist, am Plasma histologische Veränderungen festzustellen, anderseits aber an der Schwierigkeit der Entscheidung, ob es sich bei diesen Veränderungen um direkte Wirkungen der Bestrahlung oder um sekundär bewirkte Erscheinungen handelt.

Die Anhänger der Anschauung von der primären und ausschließlichen Schädigung des Plasmas sind sehr vereinzelt; hingegen bricht sich immer mehr die Anschauung Bahn, daß es beide Formelemente der Zelle sind, die von der Strahlenwirkung betroffen werden.

Es gibt eine ganze Reihe von Anzeichen, die für eine direkte Beeinflussung des Zellplasmas sprechen, so z. B. die Durchlässigkeitssteigerung der äußeren Protoplasmaschicht für Salze und Farbstoffe, der Eimembranen für Spermatozoen, ferner Cytolyse, Vakuolisierung usw. Solche Versuche liegen in größerer Zahl vor; so von LEPESCHKIN und TRÖNDLE für Salze, von TSCHACHOTIN für Neutralrot, PACKARD für Spermatozoen (Literatur darüber bei HOLTHUSEN 1926).

JOSEPH und PROWAZEK (1902) bestrahlten Protozoen mit Röntgenstrahlen und fanden deutliche Veränderungen am Protoplasma, Herabsetzung der Frequenz der contractilen Vakuolen und Verlangsamung ihrer Systole.

PERTHES (1904) glaubt auf Grund von Bestrahlungsversuchen mit Radium an Ascariseiern, daß das Chromatin des Kernes erst mittelbar durch Stoffe geschädigt wird, die sich infolge der Bestrahlung in der lebenden Zelle bilden. LEVY (1911) äußert sich über die Resultate seiner Bestrahlungsexperimente an Eiern und Samen von Bufo vulgaris und Rana fusca in folgender Weise: „Während am Chromatinkopfe (der Spermatozoen, Verf.) keinerlei Veränderungen zutage treten, er-

kennt man bei ultravioletter Lichtbestrahlung sofort eine Störung der Bewegung, gefolgt von einer raschen Auflösung der plasmatischen Anhangsgebilde . . . Im Gegensatz zum Radium und den Röntgenstrahlen stellt das ultraviolette Licht anscheinend nicht ein spezifisches Chromatingift dar, dem der Organismus unterliegt, sondern es hat eine allgemeine plasmolytische Wirkung, vielleicht durch Aktivierung autolytischer Fermente, eine Wirkung, die beim Radium und den Röntgenstrahlen möglicherweise erst sekundär erzielt wird.“ PACKARD (1916) hält die Schädigung des Chromatins für größer als die des Plasmas, stellt aber eine deutliche Schädigung des letzteren fest. Dieselbe Feststellung machte MARKOVITS (1922) nach Radiumbestrahlungen von Paramäcien. BARR und BOVIE (1923) beobachteten Cytolyse schon nach sehr kurzen Bestrahlungen mit ultraviolettem Licht. Die Cytolyse erfolgte infolge Störung der Organisation des Protoplasmas durch absorbierte Strahlen. Die Bestrahlung eines kleinen Plasmabezirkes beim Ascarisei mit ultraviolettem Licht des TSCHACHOTINschen Strahlenstichapparates bewirkte nach SCHLEIP (1923) eine weitgehende Entwicklungsstörung des Eies. ZUELZER und PHILIPP (1925) erzielten mit Radiumbestrahlungen außer einer Kernschädigung eine Verflüssigung des Protoplasmas bei Amöben. Auf den Unterschied in der Beeinflussung beider gehen sie nicht ein und begnügen sich mit der Feststellung: „daß im Verhalten von Kern und Plasma den Strahlen gegenüber Unterschiede bestehen, ist sicher; wir wissen nur nicht inwieweit.“

Wie man aus dem Vorhergehenden ersehen kann, ist die Frage nach dem morphologischen Angriffspunkt der Strahlen im Zellorganismus, trotz einer Unmenge fleißig zusammengetragenen Materials, noch weit von der endgültigen Klärung entfernt. Nun muß man sich aber vergegenwärtigen, daß eine endgültige Entscheidung, ob der Kern oder das Plasma die primär affizierte Substanz darstellt, noch nicht das Wesen der Strahlenwirkung selbst erklärt. Darüber gehen die Meinungen noch viel mehr auseinander.

BORDIER und STEIGER (nach HEINEKE und PERTHES 1925) vertreten die Anschauung, daß die Strahlen an den kolloidalen Eiweißkörpern der Zelle angreifen. Die Teile einer kolloidalen Lösung sind elektrisch geladen, während die umgebende Flüssigkeit eine entgegengesetzte Ladung aufweist. Zwischen den Teilchen besteht eine elektrische Spannungsdifferenz, und durch die ionisierende Wirkung der Strahlen kommt es infolge der Störung dieses Verhältnisses zum Ausgleich, der die Ausfällung der suspendierten Teilchen zur Folge haben kann.

SCHWARZ (1903) und später WERNER (nach HEINEKE und PERTHES, 1925) nehmen an, daß das in der Zelle befindliche Lecithin durch die Strahlen in der Hauptsache angegriffen wird. Diese Theorie fand aber bei den wenigsten Forschern Anerkennung.

LEVY (1911), RICHARDS und WOODWARD (1915), NEUBERG, PACKARD, WOHLGEMUTH (nach HEINEKE und PERTHES 1925) glauben, daß die Aktivierung verschiedener in der Zelle befindlicher Fermente die Hauptwirkung der Strahlen ausmacht. Die Versuche, die in dieser Richtung unternommen wurden, sind jedoch stark widersprechend. Sie wurden ausgeführt von SOKOLOWSKI (lipolytische Fermente), OFFERMANN (Oxydase), BICKEL und MINAMI (Speichel- und Pankreasdiastase, Pepsin und Trypsin), GUDZENT (Nuclease und Trypsin) u. a. (Literatur darüber bei HEINEKE und PERTHES 1925).

DESSAUER und CASPARI (1923) sind die Vertreter der sog. Punktwärmetheorie. Durch Einwirkung von Strahlen auf kleine Punkte erfolgt Eiweißgerinnung auf minimalem Raum und somit deletäre Wirkung auf die Zelle. Dabei entstehen Nekrohormone (ähnlich wie die von HABERLAND an Pflanzen festgestellten), welche Reizwirkungen und Wucherungen (Ursache für die Entstehung der Röntgencarcinome) und Allgemeinwirkungen auf den Gesamtorganismus hervorrufen.

Die Vielfältigkeit der Theorien, die sich mit diesem Problem beschäftigen, ist nur der Ausdruck der Schwierigkeiten, die sich seiner Erforschung gegenüberstellen. Erst eine Vertiefung unserer Kenntnisse der Biochemie und der Physiologie der Zelle wird es uns erlauben, die praktisch und theoretisch außerordentlich wichtige Frage erfolgreich in Angriff zu nehmen.

Literatur.

ALBERTI, W., und G. POLITZER, Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen **100**, 1924. — BARR, C. E., und W. F. BOVIE, Journ. of morphol. **38**, 1923. — CASPARI, W., Dtsch. med. Wochenschr. **49**, 269, 1923. — FAURÈ-FREMIET, Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences **155**, 1912. — FAURÈ-FREMIET, Ann. d'anat. micr. **15**, 1913. — HEINEKE, H., und G. PERTHES, In H. MEYERS Lehrbuch der Strahlentherapie. Berlin-Wien 1925. — HERTWIG, G., Arch. f. mikroskop. Anat. **79**, 1912. — HERTWIG, G., Arch. f. mikroskop. Anat. **77**, 1911. — HERTWIG, O., Arch. f. mikroskop. Anat. **82**, H. 2, 1913. — HERTWIG, P., Arch. f. mikroskop. Anat. **77**, 1911. — HOLTHUSEN, H., In MEYERS Lehrbuch der Strahlentherapie. Berlin-Wien 1925. — JOSEPH, H., und S. PROWAZEK, Zeitschr. f. allg. Physiol. **1**, 1902. — LEVY, F., Zeitschr. f. allg. Physiol. **13**, 1911. — MARKOVITS, E., Arch. Zellforsch. **16**, 1922. — PAYNE, F., Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen **36**, 1913. — PACKARD, CH., Journ. of exp. zool. **19**, 1914. — PACKARD, CH., Journ. of exp. zool. **20**, 1915. — PACKARD, CH., Journ. of exp. zool. **21**, 1916. — PACKARD, CH., Biol. bull. of the marine biol. laborat. **35**, 1918. — PERTHES, G., Dtsch. med. Wochenschr. 1904. — RICHARDS, A., Biol. bull. of the marine biol. laborat. **27**, 1914. — RICHARDS, A., und A. E. WOODWARD, Biol. bull. of the marine biol. laborat. **27**, 1915. — SCHAUDINN, F., Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **77**, 1899. — SCHLEIP, W., Arch. f. Zellforsch. **17**, 1923. — SCHWARZ, G., Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **100**, 1903. — VERNONI, G., Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen **31**, 1911. — ZUELZER, M., Arch. f. Protistenkunde **5**, 1905. — ZUELZER, M., und E. PHILIPP, Biol. Zentralbl. **45**, 1925.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Die Aktivierung des Wasserstoffs durch die Kontaktwirkung des Palladiums.

In den letzten Jahren ist eine ganze Reihe von Arbeiten ausgeführt worden, in denen die Wirkung des erwärmten Pd auf den Wasserstoff behandelt wurde. Diese Frage galt augenscheinlich als erledigt, nachdem BACH[1] und PANETH[2] gezeigt hatten, daß im Wasserstoff nach Palladiumkontakt weder H_3, H oder eine andere aktive Wasserstoffmodifikation, die sich am Pd bildete, vorhanden war.

Es scheint mir jedoch, daß weder die positiven, als auch die negativen Resultate der erwähnten und anderen Untersuchungen als endgültig gelten können, sowohl die Methoden der Arbeiten selbst, als auch die Kriterien, nach denen der Zustand des Wasserstoffes bestimmt wurde, einige Zweifel erregen. Läßt man nach üblicher Art H_2 über erwärmtes Pd strömen, so ist, wie es von mir gezeigt wurde, außerhalb des Pd im Dunkeln nichts zu merken[3]; wenn man aber dem herausströmendem H_2 etwas Sauerstoff beimengt, so kann ein intensives violettes Leuchten beobachtet werden. Ein ebensolches Leuchten im Falle von reinen Wasserstoff ist es mir gelungen (ohne O_2-Zumischung) nach langen vergeblichen Versuchen bei folgenden Bedingungen zu bekommen. *Eine aus Pd bestehende Platte wird bei Atmosphärendruck in Wasserstoff bis 700—800° erwärmt; dann wird das Pd bei einem Druck von etwa 1—5 mm Hg bis 300—400° abgekühlt.* Wird jetzt ein Strom von genügend reinem Wasserstoff bei gleichzeitigem Pumpen durch das Gefäß geführt, so ist außerhalb des Pd in der Richtung zur Pumpe (in einer Entfernung von etwa 25—30 cm vom Pd) eine Luminescenz zu beobachten. Ist die Geschwindigkeit des Stromes genügend groß, so bildet sich zwischen dem Pd und der Leuchtzone eine dunkle Zone aus; an dieser Stelle sind die Wände des Quarzrohres bedeutend kälter als in der Leuchtzone, trotzdem die dunkle Stelle näher zum Ofen liegt; das Leuchten hat eine bedeutende Wärmeentwicklung zur Folge.

Die Luminescenz ist beobachtbar jedesmal, wenn nur der Wasserstoff rein genug, die Pd-Platte gehörig vorbereitet, Hg-Dampf und andere mögliche Verunreinigungen ausgeschlossen sind.

Der Wasserstoff wird mittels Diffusion durch Pd gereinigt; die Pd-Platte wird mehrmals oxydiert bei 600—800° und hergestellt dauernd bei 300—400°; vor dem Versuch wird sie noch dauernd in einer Wasserstoffatmosphäre bei 700—800° erwärmt, das Quarzrohr wird in einem guten Vakuum bis Weißglut erhitzt und mit zwei Fallen, die mit flüssiger Luft gekühlt sind, abgesperrt.

Das oben besprochene experimentelle Material reicht nicht dazu aus, um eindeutige, endliche Schlüsse zu ziehen. Sowohl die Versuchsbedingungen, als auch die bisher ermittelten Resultate führen zu der Vermutung, daß wir es mit einer Rekombination[4] irgendwelcher Art zu tun haben, mit einem rückwärtigen Übergang des Wasserstoffes zu seinem normalen Zustand, aus dem das Pd ihn ausführt. Ob wir es hier mit H_3, H, H_2' oder einem anderen aktiven Wasserstoff zu tun haben, werden die näheren Untersuchungenn, die im Gang sind, zeigen.

Die Arbeit, angefangen in Dnepropetrowsk, Physik.-Chemisches Institut, Laboratorium L. PISSARSCHEWSKY wird fortgesetzt in Leningrad, Physik.-Technisches Röntgeninstitut, Laboratorium N. SEMENOFF.

Leningrad, den 10. Januar 1928. M. POLYAKOFF.

[1] B. 58, 1358. 1925.
[2] Zeitschr. f. Elektrochem. 33, 102. 1927.
[3] Naturwissenschaften 1927, H. 26.
[4] *Bemerkung bei der Korrektur:* Das Leuchten ist nur an den Wänden des Quarzrohres sichtbar.

Neue Beobachtungen über die Absorption und Fluorescenz des J_2-Dampfes.

Im Hinblick auf die Angaben von WOOD und SPEAS (Phys. Zeitschr. 15, 317. 1914) mußte man annehmen, daß die durch Einstrahlung sichtbaren Lichtes in Joddampf ausgelöste Fluorescenz bei Erhöhung des Joddampfdruckes infolge von Zusammenstößen zwischen den J_2-Molekülen so stark geschwächt wird, daß relativ dazu die Schwächung der Fluorescenzhelligkeit, die wegen der wachsenden Absorption in den vom Primärlicht zu durchsetzenden Dampfschichten erwartet werden müßte, falls man nicht unmittelbar an der Eintrittsstelle des letzteren beobachtet, praktisch keine Rolle spielt. Insbesondere schien ein Zusammenziehen der bei geringen Dampfdrucken vorhandenen Volumenfluorescenz in eine schließlich auf eine sehr dünne Schicht beschränkte Oberflächenfluorescenz nicht beobachtbar zu sein. Bei Untersuchungen, die Herr WYCHODIL auf meine Veranlassung ausführte, hat sich nun herausgestellt, daß eine solche Oberflächenfluorescenz ganz ebenso wie sie früher von Herrn B. ROSEN an den Dämpfen von Schwefel, Selen und Tellur aufgefunden wurde, auch am Joddampf bei entsprechender Wahl der Versuchsbedingungen auftritt: bei Erregung mit dem Licht eines Hg-Bogens kann man selbst bei Drucken von über 100 mm (d. h. im gesättigten Dampf von 100—150°) noch eine ziemlich lichtstarke Emission der bekannten WOODschen Resonanzserien erhalten, falls man nur den Spektrographen direkt auf die Eintrittsstelle des Primärlichtes richtet. Demgemäß muß der von STERN und VOLMER aus der WOODschen Photometerkurve abgelesene Halbwertdruck von 0,2 mm für die Auslöschung der J_2-Fluorescenz fast sicher als beträchtlich zu niedrig gelten und auch die Annahme, daß alle Zusammenstöße zwischen erregten und unerregten J_2-Molekülen auslöschend auf die Fluorescenz wirken, nicht mehr berechtigt erscheinen.

Daß gleichwohl die von STERN und VOLMER aus dem Halbwertdruck unter Zuhilfenahme einer entsprechenden Wahl der Wirkungsradien errechnete mittlere Lebensdauer der angeregten J_2-Moleküle der Größenordnung nach richtig ist, geht aus Messungen hervor, die Herr H. H. HUPFELD mit dem GAVIOLAschen Fluorometer an der Bandenfluorescenz des J_2-Dampfes durchgeführt hat; er fand eine Abklingungszeit $\tau = 1 \cdot 10^{-8} \pm 1 \cdot 10^{-9}$ sec. Dabei handelt es sich natürlich nicht (wie etwa beim Abklingen einer Resonanzlinie) um die Halbwertzeit einer einheitlichen Exponentialfunktion sondern um einen Mittelwert aus der Überlagerung vieler derartiger Funktionen, da ja bei Einstrahlung weißen Lichtes im Joddampf Erregungszustände mit sehr ungleichen Kernschwingungsfrequenzen hervorgerufen werden, die möglicherweise auch sehr ungleiche mittlere Lebensdauern haben können. Will man die von STERN

und VOLMER angegebene Methode zur Bestimmung von τ verwenden, so wird man nach den neugewonnenen Erfahrungen zur Schwächung der J_2-Fluorescenz lieber ein Fremdgas, etwa Cl_2, zusetzen, statt den Eigendampfdruck des Jods zu erhöhen. Auch dann bleibt natürlich noch die Unsicherheit wegen des Ausbeutefaktors und des Wirkungsradius, und man berechnet wohl besser umgekehrt diese Größen aus den Auslöschungskurven, indem man τ aus den HUPFELDschen direkten Messungen entnimmt.

Herr WYCHODIL hat weiter im J_2-Dampf von ca. 100 mm Druck bei Temperaturen über 600° mit der Linie 2537 Å des Hg-Bogens als Volumenresonanz ein Resonanzspektrum hervorzurufen vermocht, das bei einer mittleren Schrittweite von ca. 185 cm^{-1} aus 12 positiven und vier antistokesschen Gliedern besteht; ein ähnliches, weniger kräftiges Resonanzspektrum scheint von der Hg-Linie 2654 Å auszugehen, während für eine Reihe weitere gleichzeitig auftretender Fluorescenzbanden die erregendeWellenlänge noch nicht sichergestellt werden konnte. Darauf habe ich gemeinsam mit Herrn B. ROSEN das Absorptionsspektrum des J_2-Dampfes bei konstantem Druck (ca. 100 mm) und von 100—750° wachsender Temperatur untersucht; es zeigte sich, daß im Spektralgebiet zwischen 2100 und 3000 Å der Dampf praktisch vollkommen durchsichtig ist, solange die Temperatur 500° nicht übersteigt. Bei fortschreitender Erwärmung tritt dann immer stärker eine Absorptionsbandenfolge hervor, die bei 750° bis annähernd 3000 Å reicht, in der an 300 Bandenkanten gezählt werden konnten und die bei 2300 Å nach kürzeren Wellen zu in das schon bekannte ultraviolette J_2-Dampfspektrum überzugehen scheint. Eine vollständige Analyse der neuen Banden wird erst zeigen können, wie sie sich zu den unter 2000 Å verlaufenden Banden des J_2-Dampfes von Zimmertemperatur verhalten. Bis jetzt wurde mit einiger Sicherheit eine sehr lange Serie von Kanten ausgesondert, mit einer Schrittweite von 90 cm^{-1}, in welche sich auch das neue WYCHODILsche Resonanzspektrum einordnen läßt, derart, daß in dem fraglischen Spektralgebiet jede zweite Kante mit einer Linie des Resonanzspektrums koinzidiert. Weitere Einzelheiten über die hier angeführten Beobachtungen werden von den erwähnten Autoren an anderer Stelle mitgeteilt.

Berlin, Physikalisches Institut, den 4. Februar 1928.

PETER PRINGSHEIM.

Besprechungen.

BANNEITZ, FRITZ, **Taschenbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie.** Berlin: Julius Springer 1927. XVI, 1253 S., 1190 Abb. und 131 Tab. 13×21 cm. Preis geb. RM 64.50.

Die drahtlose Telegraphie und Telephonie hat durch den Unterhaltungsrundfunk im Laufe der letzten Jahre eine Erweiterung ihres Tätigkeitsfeldes erfahren, die sich auf wirtschaftlichem, wissenschaftlichem und künstlerischem Gebiete auswirkt. Kein Wunder, daß auch auf literarischem Gebiete die Funkerei gegen frühere Zeiten einen viel größeren Umfang und viel größere Bedeutung gewonnen hat, entsprechend der großen Mannigfaltigkeit ihrer neuen Aufgaben; diese Aufgaben liegen zum Teil auf gesetzgeberischem und organisatorischem Gebiete, teils ergeben sie sich aus der Patenterteilung und aus der Patentverwertung, teils sind sie wissenschaftlich-technischer Art; in der letzteren Hinsicht nimmt gegenwärtig die Erforschung der Ausbreitungsvorgänge eine besonders beachtete Stellung ein, ferner die Herstellung und Verwendung der kurzen, spiegelbaren Wellen, sowie die musiktechnische Durchbildung der Sender und Empfänger.

Das vorliegende Werk will nun offenbar ein Nachschlagewerk sein, in dem man sich über alle Fragen unterrichten kann, die im Bereiche der drahtlosen Telegraphie und Telephonie auftreten. Es umfaßt 1253 eng bedruckte Seiten und überschreitet den Umfang, den man von einem Taschenbuche erwartet. 29 Mitarbeiter haben Beiträge zu dem Werke geliefert; dadurch ist eine erfreuliche Vielseitigkeit erreicht worden sowohl hinsichtlich der behandelten Gegenstände als auch der benutzten Quellen. Es liegt in dieser Vielseitigkeit aber auch begründet, daß eine einheitliche Behandlung aller Gebiete nicht erreicht ist. Darum werden neben diesem Taschenbuche die einheitlichen Bearbeitungen der wissenschaftlichen Fragen, die wir beispielsweise in den Büchern von F. OLLENDORFF, F. F. MARTENS, ZENNECK-RUKOP oder REIN-WIRTZ besitzen, ihren vollen Wert behalten.

Für die Vielseitigkeit des Buches ist es bezeichnend, daß allein das Namen- und Sachverzeichnis 34 Seiten umfaßt; wir finden eine vorzügliche, knappe Zusammenstellung der mathematischen Hilfsmittel, die englischen und französischen Fachausdrücke, nützliche Tabellen über physikalische Konstanten und Einheiten, sogar das griechische Alphabet.

Den größten Anteil am Umfange des Buches haben vier Teile von physikalisch technischem Charakter; sie sind überschrieben: Mathematisch-physikalische Grundlagen der Hochfrequenztechnik, Die Einzelteile der Hochfrequenzgeräte, Meßmethoden und Meßtechnik, Die Einrichtungen zum Senden und zum Empfang. Diesen vier Hauptteilen ist ein Teil über allgemeine Grundlagen vorangestellt; er enthält je einen Abschnitt über Mathematik, Physik, Elektrotechnik sowie Telegraphen- und Fernsprechtechnik. Es folgt ein betriebswissenschaftlicher Teil, sowie ein Anhang mit Tabellen und ein Nachtrag mit Ergänzungen.

Ob diese Gliederung vorteilhaft zu nennen ist, mag bei der breiten Behandlung der wissenschaftlichen Grundlage zum Teil auf den Geschmack des Lesers ankommen; indessen werden recht viele Gegenstände in verschiedenem Zusammenhange besprochen, und wenn das bei der Fülle des behandelten Stoffes gewiß nicht ganz vermieden werden kann, so wird doch der Wunsch nach einer bequemeren Gliederung rege.

In dem betriebswissenschaftlichen Teil (Die Funkstationen und der Funkverkehr) nehmen Verordnungen, Bekanntmachungen und Stationsverzeichnisse einen beträchtlichen Raum ein; diese sind naturgemäß häufigen Änderungen unterworfen und werden darum vielleicht schnell veralten. Die dem Buche vorgedruckten „Berichtigungen während der Drucklegung“ beziehen sich mit einer Ausnahme sämtlich auf diesen Teil.

Ein geschichtlicher Teil ist nicht vorhanden, was ich aus zwei Gründen bedauere: Einmal hätte er Gelegenheit geboten, die Sachbearbeitung von vielen Gegenständen zu entlasten, die nur noch wegen des historischen Interesses erwähnt werden; eine solche Entlastung hätte in vielen Fällen einer Betonung der grundsätzlich wichtigen Gegenstände zugute kommen können. Zweitens hätte ein geschichtlicher Teil den Rahmen für die Besprechung der wichtigsten Patente liefern können; eine solche Besprechung wäre wohl in einem so breit angelegten Werke am Platze gewesen,

denn die Fortschritte der Hochfrequenztechnik sind zum mindesten in konstruktiver Hinsicht durch die Patentverwertung nicht minder beeinflußt worden als durch die Pflege wissenschaftlicher Erkenntnis. Eine solche Besprechung könnte heute wohl unternommen werden, wo viele Patente, die früher leidenschaftlich umstritten wurden, nur mehr historischen Wert haben, der aber für die Beurteilung der gesamten Entwicklung von nicht geringem Wert ist.

Die Vielseitigkeit des Buches bringt es mit sich, daß man von einem einheitlichen Charakter nicht sprechen kann. Wohl besitzt das Werk zum größten Teile wissenschaftliches Gepräge; doch kommen vereinzelt auch Stellen vor, wo man Montagevorschriften oder Kataloge zu lesen glaubt.

Auf alle Fälle haben die sachlich wichtigen Abschnitte auch größtenteils meisterhafte Bearbeitungen erfahren. Z. B. verleihen die Abschnitte über Schwingungen und Schwingungskreise, die K. WIRTZ bearbeitet hat, dem Gesamtwerk besonderen Wert. Der reichhaltige Stoff ist knapp, übersichtlich und mit überlegenem wissenschaftlichen Urteil dargestellt, und wer in diesen Abschnitten nachschlägt, wird sich immer zuverlässig unterrichtet finden, auch wenn er die reichlich angeführte Originalliteratur nicht nachliest.

Durch knappe, erschöpfende und exakte Darstellung zeichnet sich auch U. MEYERS Abschnitt über Widerstände und Isolatoren aus. Ferner scheinen mir die gründliche Bearbeitung der Abschnitte über Kondensatoren und Spulen von G. ZICKNER, die Behandlung der Elektronenröhren durch A. GEHRTS, sowie die Darstellung der Hochfrequenztelegraphie und -telephonie längs Leitungen von H. SCHULZ und H. MUTH besonders wertvolle Teile des Werkes zu sein.

A. ESAU hat die schwierige Aufgabe übernommen, in einigen Abschnitten (Die Vorgänge im Äther, Der Empfang, Kurze elektrische Wellen) grundsätzliche Fragen, besonders über Störungen der Wellenausbreitung, luftelektrische Störungen, Wellengebrauch und Richtungstelegraphie zu behandeln, Fragen, die in den letzten Jahren ungezählte Hypothesen zur Unterhaltung der Zeitschriftenabonnenten gezeitigt haben. Diese Hypothesen stützen sich bekanntlich zum Teil auf subjektive Eindrücke, nicht etwa auf exakte Messungen, die bekanntlich äußerst selten möglich sind. Die vorliegende Darstellung läßt eine Kritik von diesem Gesichtspunkte aus vermissen; man erkennt nicht immer, was erwiesen ist, und was vermutet. Der von M. BÄUMLER geführte experimentelle Nachweis dafür, daß starke luftelektrische Störungen in Europa und in Amerika gleichzeitig auftreten, wird nicht erwähnt, und doch möchte ich diese Bereicherung unserer Kenntnis der Störvorgänge für ebenso erwähnenswert halten, wie manche umstrittene Hypothese. Der Absatz über Erdantennen hat mich besonders interessiert, nachdem ich in früheren Jahren dieses Gebiet ausführlich bearbeitet habe. In Fig. 926 wird eine Anordnung als Erdantenne bezeichnet, die ich nie benutzt habe und auch für unwirksam halte; dagegen werden meine Anordnungen verstreut unter anderen Bezeichnungen erwähnt, z. B. als V-Antennen. Die häufigen Verwechselungen der Begriffe Leistung oder Amplitude mit Energie hätten sich leicht vermeiden lassen. Die Fig. 1103, „Strahlungsdiagramm bei Erregung in einer Oberschwingung", kann irreführen, weil vergessen ist, hinzuzufügen, daß der Fig. die Annahme zugrunde liegt, daß die Oberflächenwelle vollkommen absorbiert wird. Die angebliche Richtwirkung der geknickten Marconiantenne wird auf S. 263 sowohl in der Abbildung als auch im Text falsch dargestellt.

Die Ausstattung des Buches ist gut und durchaus zweckmäßig; reichliche Abbildungen erleichtern das Verständnis. Vielleicht können einige photographische Reproduktionen, die nicht viel mehr als Gehäuse erkennen lassen, durch geeignete Strichzeichnungen ersetzt werden.

Im ganzen bietet das Werk eine Darstellung der Gegenstände, die den Fachmann beschäftigen, in einer Vielseitigkeit, die sich bisher kaum ein anderes Buch zum Ziel gesetzt hat. Es ist durch das Zusammenwirken vieler maßgebender Bearbeiter entstanden, wodurch sein hoher Wert gewährleistet ist. Einzelne Beanstandungen sind bei der hier zum ersten Male bewältigten Fülle der behandelten Gegenstände unvermeidlich. Doch ist zu hoffen, daß sich das Buch als Nachschlagewerk in allen funktelegraphischen Arbeitsstätten einbürgern wird.

Für eine Neuauflage möchte ich wünschen, daß es gelingen möge, den Stoff auf der Hälfte des jetzigen Umfangs zu bewältigen. Dazu ist bei der Gliederung und bei der Auswahl des Stoffes ein hohes Maß von überlegener Kritik erforderlich; auch könnte wohl noch mehr als bisher von Tabellen Gebrauch gemacht werden. F. KIEBITZ, Berlin.

WAGNER, K. W., **Die wissenschaftlichen Grundlagen des Rundfunkempfangs.** Vorträge, veranstaltet durch das Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin, den Elektrotechnischen Verein und die Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens. Berlin: Julius Springer 1927. VIII, 418 S. und 253 Textabbildungen. 16 × 24 cm. Preis geb. RM 25.—.

Die Vortragsreihe, die in diesem Buche ausgearbeitet ist, fand im Winter 1925/26 statt und war stark besucht, von 439 Teilnehmern. Die Vorträge behandeln folgende Gegenstände: Die Kulturaufgaben des Rundfunks (K. W. WAGNER), Schwingungen der Sprache und der Musikinstrumente (F. AIGNER), Das Schallfeld (W. HAHNEMANN und H. HECHT), Elektroakustik (W. SCHOTTKY), Physikalische Grundlagen der Empfangstechnik (H. SALINGER), Ausstrahlung, Ausbreitung und Empfang (R. RÜDENBERG), Störungen (A. ESAU), Elektronenröhren (H. RUKOP), Schwingaudion (H. G. MÖLLER), Verstärkertheorie (H. BARKHAUSEN), Niederfrequenzverstärker (B. POHLMANN), Kunstschaltungen (G. LEITHÄUSER), Rundfunkempfänger (F. EPPEN), Wellenverteilung, Typenbeschränkung (H. HARBICH).

Die Reichhaltigkeit dieser Einzelthemen, ihr sachgemäßer Aufbau und das Ansehen der Bearbeiter bilden die wirksamste Empfehlung für dieses Werk. Es wird seinen hohen Wert behalten, auch wenn sich die literarische Sintflut verlaufen haben wird, die jetzt noch das Gebiet des Rundfunkempfangs überschwemmt; denn die Verfasser sind bestrebt gewesen, die Ergebnisse der strengen Forschung in den Vordergrund zu stellen, ein Bestreben, das trotz der individuellen Behandlung der Einzelgebiete dem ganzen Werk ein einheitliches Gepräge gibt. Dieses Gepräge der Sachlichkeit verleiht dem Werke einen besonderen wissenschaftlichen Wert gegenüber manchen Darstellungen, in denen Ansichten propagiert werden, die der Mode des Tages unterworfen sind.

Das Buch erschöpft sich nicht in der Aufzählung schalttechnischer und formaler Einzelheiten, sondern sucht in erster Linie die beim Rundfunk wirksamen elektrischen Vorgänge zu beschreiben. Mit Rücksicht auf den großen Leserkreis, an den es sich wendet, ist der Darstellung durchweg eine anschauliche Form

gegeben worden; auf gute Figuren ist viel Sorgfalt verwendet worden. Umständliche analytische Beweisführungen werden vermieden, wenn auch von Formeln in der Darstellung der erforderliche Gebrauch gemacht wird. Die Literatur ist gelegentlich berücksichtigt worden, wenn auch nicht systematisch, ein Umstand, der diesem Werke nicht zum Nachteil gereichen kann angesichts der Verdienste, die jedem Verfasser an der Erforschung des von ihm dargestellten Einzelgebietes gebühren.

Die Verlagsbuchhandlung hat sich eine gute Ausstattung des Buches angelegen sein lassen.

F. KIEBITZ, Berlin.

MARTENS, FRIEDRICH FRANZ, **Physikalisch-technische Elektrizitätslehre.** Zweite Auflage. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn 1927. 808 S., 642 Abb. Preis geh. RM 42.—, geb. RM 46.—.

Die erste Auflage dieses Werkes ist unter dem Titel „Physikalische Grundlagen der Elektrotechnik" in den Jahren 1913 und 1914 in Form von zwei Bänden von VIEWEGS Sammlung „Die Wissenschaft" erschienen. Zwei Abschnitte der neuen Auflage „Elektromagnetische Schwingungen" und „Elektromagnetische Strahlung" sind bereits im Jahre 1925 erschienen und bilden das Buch „Hochfrequenztechnik" von MARTENS. Wer diese Bücher benutzt, kennt die gründliche Bearbeitung, die den Verfasser auszeichnet. Sie zeigt sich auch hier wieder in dem Bestreben, alles zu beweisen, zum mindesten die experimentellen und theoretischen Gründe für alle Aussagen zu nennen, ferner in der sorgfältigen Veranschaulichung der Gegenstände durch gute Abbildungen.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage ist mehr als ein Jahrzehnt vergangen. Der Verfasser hat in der jetzt vorliegenden Bearbeitung die Fortschritte, die Physik und Technik in dieser Zeit gemacht haben, zu einem neuen, einheitlichen Meisterwerk verarbeitet. Zwei große vollkommen neue Abschnitte „Atombau" und „Körperliche Strahlen" behandeln vorwiegend das RUTHERFORDsche Atommodell, die BOHRsche Theorie, die Radioaktivität und die Kathodenstrahlen; sie sind dem Abschnitt über Elektrolyse vorangestellt. Den Röntgenstrahlen ist im Anschluß hieran ebenfalls ein neuer Abschnitt gewidmet. Von den technisch wichtigen Gegenständen, die neu aufgenommen sind, mögen vor allem die Verstärkerröhren und die Kettenleiter genannt werden; die Behandlungsweise stellt auch hier die Beschreibung der Vorgänge in den Vordergrund, während schalttechnische Maßnahmen, die in anderen Büchern oft als das Wesentliche erscheinen, hier entsprechend dem gelehrten Charakter des Buches nur beispielsweise berücksichtigt werden.

Die mathematischen Formeln sind besonders sorgfältig geschrieben, so daß man sie auch ohne ein besonderes Studium der Eigentümlichkeiten des Verfassers lesen und anwenden kann; es kommt z. B. nicht vor, daß eine physikalische Größe einer unbenannten Zahl gleichgesetzt wird und es dem Leser überlassen bleibt, sich die Einheit aus dem Zusammenhang zu konstruieren, eine Sorglosigkeit, von der nicht alle Bücher frei sind. Die Einheiten Coulomb, Ampere, Volt und Ohm werden durchgehend benutzt, nicht die sog. absoluten Einheiten.

Der vorletzte Abschnitt des Buches „Physikalische Eigenschaften" enthält in gedrängter, teilweise tabellarischer Form ein reichhaltiges Nachschlagematerial, das jedem Leser bei der Anwendung physikalischer Gesetze willkommen sein wird.

Das Buch will ein Lehrbuch sein und erfüllt diese Aufgabe im besten Sinne. Der technische Physiker, der als Ingenieur oder als Lehrer tätig ist und Vertiefung seiner Kenntnisse sucht, ohne die ganze Originalliteratur lesen zu können, wird sie hier in reichem Maße finden.

F. KIEBITZ, Berlin.

GLOCKER, R., **Materialprüfung mit Röntgenstrahlen, unter besonderer Berücksichtigung der Röntgenmetallographie.** Berlin: Julius Springer 1927. VI, 377 S. und 256 Abbild. 15×23 cm. Preis RM 31.50.

Es besteht seit längerer Zeit bei den physikalisch gebildeten Ingenieuren, Chemikern, Metallographen, Biologen und überhaupt den Vertretern der der Physik nahestehenden Wissenszweige das Bedürfnis, die Grundlagen der Röntgenometrie und der Materialprüfung mit Röntgenstrahlen eingehend kennen zu lernen. Der Befriedigung dieses Bedürfnisses stand bisher der abstrakte Charakter der meisten Darstellungen des Gebietes entgegen. Der Physiker von heute denkt oft mehr in mathematischen Formeln als in physikalischen Anschauungsbildern, und der Vertreter der konkreten experimentellen Nachbargebiete des Wissens vermag ihm nur schwer zu folgen. Eine abstrakte mathematische Ableitung in ihrer logischen Strenge, Allgemeinheit und Vollständigkeit überzeugt ihn weniger als ein konkretes Beispiel, an dem er in einer seiner mehr empirischen Mentalität angepaßten Weise in einen Vorgang eindringen kann.

In seinem Buch ist es GLOCKER in einer geradezu musterhaften Weise gelungen, die oben angedeutete Schwierigkeit zu überwinden. Die Darstellung ist konkret und elementar und von einer vollendeten Klarheit. Daß sie trotzdem korrekt ist, braucht nicht erwähnt zu werden. Die Grenzen des zur Darstellung zu bringenden sind in der glücklichsten Weise gefunden worden. Dem Leser wird von den physikalischen oder mathematischen Grundlagen nur so viel mitgeteilt, daß er ihren Grundgedanken versteht, der dann sofort an einem Beispiel, das den Mittelpunkt der Darstellung bildet, entwickelt wird. Recht eingehend sind die Röntgenröhren und die übrigen zur Ausführung des Verfahrens notwendigen Vorrichtungen beschrieben.

Ein Verzeichnis der einzelnen Kapitel mag einen Überblick über den Inhalt des Buches geben:

I. Die Erzeugung von Röntgenstrahlen.

II. Eigenschaften der Röntgenstrahlen.

III. Materialprüfung mit der Absorptionsmethode (Durchleuchtung).

IV. Spektralanalyse (Chemische Analyse mit Röntgenstrahlen).

V. Interferenzmethoden (Krystallographische Grundlagen; Debye-Aufnahmen; Laue-Aufnahmen; Drehkrystall-Aufnahmen und Spektrometerverfahren; die Bestimmung der Raumgruppe und der Atomlagen; Krystallstrukturen anorganischer und organischer Stoffe und Grundzüge der Krystallchemie; Struktur von Legierungen; Bestimmung der Krystallgröße; Faserdiagramme; technische Anwendung von Faserdiagrammen; innere Spannungen in Krystallen und Krystall-Haufwerken.

VI. Mathematischer Anhang.

Der Zweck des Buches ist, den Leser mit der Materie so weit vertraut zu machen, daß er in der Lage ist, die beschriebenen Verfahren selbst in der Praxis auszuüben. Bei dem Durchleuchtungsverfahren und bei den einfacheren auf der Interferenzmethode ruhenden Problemen wird dieser Zweck vollständig erreicht. Bei den schwierigeren Fragen der Strukturbestimmung verweist der Verfasser auf die Fachliteratur. Auch bei der chemischen Spektralanalyse dürfte die Anwendung für den Neuling recht schwierig werden, da sie oft ein vervollkommnetes Lesen der Feinstruktur der Spektren verlangt.

Wie man schon aus der Inhaltsübersicht sieht, behandelt das Buch nicht nur Prüfungsfragen im engeren Sinne des Wortes, sondern auch Fragen, die die prinzipiellen Probleme der betreffenden Wissenszweige berühren.

Das Buch von GLOCKER ist das lange vermißte Werk, das den vielen Nichtphysikern, die aus dem einen oder anderen Grunde sich für die Untersuchung der Stoffe mit Röntgenstrahlen interessieren, den Eingang in dieses reizvolle, heute so wichtige aber auch schwierige Gebiet eröffnen kann. Es ist zu hoffen, daß es neue Brücken zwischen der Röntgenographie und den der Physik benachbarten Disziplinen der Technik und der Wissenschaft schlagen und damit zur weiteren Ausdehnung der Anwendungen der Röntgenographie beitragen wird.

G. MASING, Berlin.

GEIGER, J., **Mechanische Schwingungen und ihre Messung.** Berlin: Julius Springer 1927. XII, 305 S., 290 Abb. und 2 Tafeln. 15×23 cm. Preis RM 24.—.

Der Verfasser, bekannt als Erfinder vorzüglicher Schwingungsmesser, gibt in diesem Buche einen Überblick über das Gesamtgebiet hauptsächlich der maschinentechnischen Schwingungsprobleme. Er behandelt zuerst die theoretischen Grundlagen, beschreibt dann die Meßgeräte und ihre Anwendung und schließt mit einem kurzen Abschnitt über Abhilfemaßnahmen bei lästigen Schwingungen und über Nutzbarmachung mechanischer Schwingungen in der Technik.

Der Leser tritt an das Buch eines so bewährten Fachmannes natürlicherweise mit hohen Erwartungen heran. Beginnt er, was anzuraten ist, mit der zweiten Hälfte des Buches, so wird er seine Erwartungen voll befriedigt finden: bei der Vorführung der Torsiographen, Vibrographen, Tachographen usw. bewegt sich der Verfasser ersichtlich auf seinem ureigensten Fachgebiet und kann aus der Fülle seiner meßtechnischen Erfahrungen schöpfen; seine Darlegungen erfreuen hier durch ihren klaren und flüssigen Stil, und seine wohldurchdachten Ratschläge für die Handhabung der Meßgeräte und für die Deutung der Meßergebnisse sind äußerst wertvoll.

Um so bedauerlicher ist es, daß der erste, vorwiegend theoretische Teil des Buches ein wenig enttäuschen muß, wenn man ihn mit den zahlreichen anderen Schriften über dasselbe Gebiet vergleicht. Die mathematische Theorie der Schwingungen ist heute eine nahezu fertige Wissenschaft; viele ihrer schönsten und wichtigsten Ergebnisse kann man zweifellos auch mit recht einfachen mathematischen Hilfsmitteln herleiten, ein Programm, dessen Durchführung sehr verdienstlich wäre, jedoch eine große Meisterschaft an didaktischen Fähigkeiten verlangt. Der Verfasser versucht es, aber völliges Gelingen bleibt ihm versagt: allzuoft stolpert da der Leser über Schreibfehler und ungenaue Ausdrücke; man wird nicht das Gefühl los, als habe dem Verfasser die Zeit gefehlt, diesen Teil des Buches ganz ausreifen zu lassen. (Beispiele: Statt Sinuslinie wird gelegentlich Schraubenlinie gesagt, statt Längeneinheit eines schwingenden Stabes kurzweg Stabteilchen; viele Abbildungen sind kaum verständlich, weil die Benennung der Koordinatenachsen versehentlich fehlt; Figur 155, auf deren Raumstellung es gerade ankommt, steht schief; der Ausdruck ,,Geschwindigkeit in der Sekunde" ist hoffentlich nur ein lapsus calami!)

Aber ich wiederhole: der Schwerpunkt des Buches liegt nicht in diesem ersten Teile, sondern in dem Niederschlag der praktischen Erfahrungen, und darüber verfügen zur Zeit nur wenige so reich wie der Verfasser.

R. GRAMMEL, Stuttgart.

BOEGEHOLD, HANS, **Geometrische Optik.** Berlin: Gebrüder Borntraeger 1927. 380 S. und 109 Abbildungen im Text. 14 × 22 cm. Preis RM 13.50.

Das vorliegende Buch von Dr. H. BOEGEHOLD, Jena, unterscheidet sich von den anderen Werken gleichen Titels, die von den Mitarbeitern der Fa. C. Zeiß in den verschiedenen Handbüchern veröffentlicht wurden, dadurch, daß es für einen anderen Leserkreis bestimmt ist. Das Buch verfolgt, wie das Vorwort andeutet, keine theoretischen Ziele, sondern es will nur zum Verständnis der verschiedenen optischen Instrumente beitragen, soweit dazu die geometrische Optik imstande ist. Ein besonderes Kennzeichen des Buches sind die eingehenden und auch für den Fachmann interessanten Bemerkungen über die Geschichte der verschiedenen grundlegenden Gesetze sowie überhaupt über die geschichtliche Entwicklung der geometrisch-optischen Begriffe im Altertum und Mittelalter.

Im ersten Abschnitt, betitelt ,,Die gradlinige Fortpflanzung des Lichtes", behandelt der Verfasser zuerst einige photometrische Grundgesetze, dann werden die Begriffe Kernschatten und Halbschatten und einige einfache perspektivische Begriffe erläutert, die beim ein- und zweiäugigen Sehen eine Rolle spielen. Der zweite Abschnitt bringt ausführlich die Geschichte des Brechungsgesetzes, das hier für ebene Trennungsflächen bewiesen wird. Verfasser geht hier, wie auch an einigen anderen Stellen des Buches auch auf die HUYGENSsche Auffassung vom Licht als Wellenbewegung ein. Im Anschluß daran werden ausführlich die dicke Platte und das Prisma behandelt, bei welcher Gelegenheit Verfasser auf die Dispersion zu sprechen kommt. Ein vierter Teil dieses Abschnittes behandelt im wesentlichen die Vorrichtungen zur Messung des Brechungsverhältnisses. Der fünfte Teil bringt schließlich einige Tabellen, u. a. ein Verzeichnis der optischen Konstanten für die wichtigsten Glassorten des SCHOTTschen Glaskataloges sowie einiger für die Optik wichtigen festen Stoffe, Flüssigkeiten und Gase.

Der vierte Abschnitt behandelt die von M. v. ROHR eingeführte Einteilung der optischen Instrumente in wiederholende und verdeutlichende Instrumente, den Unterschied zwischen reellen und virtuellen Bildern und erläutert zum Schluß kurz auch die GULLSTRANDsche Linienabbildung.

Der nächste Abschnitt bringt in vielleicht zu großer Ausführlichkeit die GAUSSsche Dioptrik, und zwar nach ABBEschem Muster als Gesetze der Kollineation ohne Zuhilfenahme optischer Gesetze abgeleitet. Interessant ist, daß der Verfasser hier rein geometrisch (synthetisch) vorgeht. Die allgemeinen Gesetze werden dann für achsensymmetrische und für zweifach symmetrische Systeme spezialisiert. Hervorzuheben ist, daß ein kurzer Abschnitt auch die GULLSTRANDsche Dioptrienrechnung wenigstens für diesen einfachen Fall bringt. Der sechste Abschnitt bringt Farbenfehler, soweit sie in das Gebiet der GAUSSschen Dioptrik hineingehören.

Der siebente Abschnitt führt den etwas irreführenden Titel: ,,Erweiterung des Abbildungsbereiches", obwohl eigentlich nur im 5. Teilkapitel wirklich eine Erweiterung des Abbildungsbereiches vorgenommen wird. Die ersten vier Kapitel, die die schönst geschriebenen und klarsten des ganzen Buches sind, beschäftigen sich mit der Strahlenbegrenzung (Pupillen, Eintritts-, Austrittsluke, Abschattung) mit der bekannten (aber doch in der Praxis oft sehr anfechtbaren) Definition der Verzeichnung mit Hilfe des ,,Hauptstrahls",

mit den verschiedenen in den Lehrbüchern gebrauchten Definitionen für Vergrößerungen und mit den perspektivischen Eigenschaften der optischen Abbildung (Einstellebene, Tiefenschärfe). Das letzte Kapitel versucht, einen Überblick über die fünf SEIDELschen Bildfelder zu geben.

Der achte Abschnitt behandelt ausführlich, auf den v. ROHRschen Arbeiten fußend, das Auge in der Ruhe wie in der Bewegung; in diesem Zusammenhang geht Verfasser kurz auf die Brille ein, soweit sie mit den erarbeiteten Mitteln behandelt werden kann. Den Schluß des Abschnittes bildet eine kurze Betrachtung über die perspektivische Wirkung des beidäugigen Sehens.

Zum nächsten Abschnitt über die optischen Instrumente (es werden Fernrohr, Mikroskop und photographisches Objekt ausführlicher, kurz auch andere Instrumente behandelt) schreibt der Verfasser: „Als Mitarbeiter der ZEISSschen Werkstätte habe ich eine Anzahl ihrer Druckschriften verwenden können. Damit soll natürlich kein Urteil über Vorrichtungen ähnlicher Art ausgesprochen sein, die von anderer Seite herrühren mögen". Als Beispiel für die verschiedenen Instrumente sind außer älteren im wesentlichen in Text und Illustration Instrumente der Fa. C. Zeiss angegeben. Beim Fernrohr ist kurz referierend über die Grenzen der geometrischen Optik hinweg das Auflösungsvermögen beugungstheoretisch behandelt; ähnlich beim Mikroskop die ABBEsche Theorie der Abbildung des Nichtselbstleuchters; doch hätte man hier gewünscht, wenn überhaupt diese Dinge in einer geometrischen Optik behandelt werden, daß auch kurz auf die praktisch bedeutungsvolleren Untersuchungen über die Abbildung allseitig oder mit großer Apertur beleuchteter Objekte eingegangen wäre (Arbeiten von MANDELSTAMM, v. LAUE, BEREK).

Der Schlußabschnitt des Buches wird ausgefüllt durch Angabe von Durchrechnungsformeln, einen kurzen Abriß der SEIDELschen Bildfehlertheorie und einen kurzen Abschnitt über die interessanten allgemeinen Sätze der geometrischen Optik. In dem letzteren Kapitel werden die Sätze von MALUS und FERMAT bewiesen, der Begriff des Eikonals wird erklärt und das allgemeine Kosinusgesetz abgeleitet. —

Das Buch ist als ganzes flüssig geschrieben, Druck und Papier ist vorzüglich, nur stört es sehr, daß man keine geeigneten Typen für die griechischen Lettern gefunden hat, die immer über oder unter den zugehörigen lateinischen Buchstaben stehen. Für eine Neuauflage möchte ich auch empfehlen, nicht aus Papierersparnis in der ersten Hälfte des Buches den Bruchstrich zu vermeiden. Formeln wie (S. 29) $dv = dl \cos\varepsilon/e$ statt $dv = \frac{dl \cos\varepsilon}{e}$ führen doch leicht zu Mißverständnissen.

M. HERZBERGER, Wetzlar.

VOLKMANN, WILHELM, **Die Linsenoptik in der Schule.** Anleitung zu den Versuchen und zur rechnenden Behandlung. Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft, herausgegeben von K. METZNER, Heft 12. Berlin: Julius Springer 1927. 104 S. und 85 Textabbildungen. 19 × 27 cm. Preis RM 7.50.

Die Linsenoptik enthält wenig oder gar keine Gedanken von allgemeiner Bedeutung. Sie gehört in dieser Hinsicht zu den ärmsten Gebieten der Physik, und doch wird man ihre Kenntnis zu den unentbehrlichen Bestandteilen einer allgemeinen Bildung rechnen müssen. Denn unser wichtigstes Erkenntnismittel überhaupt, das Auge, die Schar der optischen Instrumente, die ganze „Optik des täglichen Lebens" sind ohne Linsenoptik nicht zu verstehen.

Deshalb gehört sie nach VOLKMANN bereits in die Unterstufe der Schulen. Dort sollen, ohne auch nur die geringsten Kenntnisse vorauszusetzen, einfache Versuche mit Linsen angestellt, Modelle des Auges und von Fernrohr und Mikroskop zusammengebaut werden. Verfasser, der bekannte Urheber des physikalischen Baukastenprinzips, gibt dazu sehr brauchbare Geräte und Geräteteile an, die dank seiner jahrzehntelangen Erfahrung an der staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin, jetzt wirklich ein sehr hohes Maß von Geeignetheit erreicht haben.

In der zweiten Stufe sollen dann, immer noch ohne Rechnung, ja ohne Kenntnis des Brechungsgesetzes, rein durch Versuche sphärische und chromatische Abweichung, Astigmatismus, Koma und Bildwölbung, Verzeichnung und Spiegelflecke erläutert, ihre Abhängigkeit von einigen Bedingungen — vor allem der Begrenzung durch Blenden — erkannt und in gewissen Fällen die Berichtigung sogar durchgeführt werden. Referent weiß aus eigener Vorlesungspraxis, daß das in der Tat sehr gut geht, und daß man so ohne Rechnung tiefer in die Zusammenhänge eindringen kann, als das sonst selbst auf weit höherer Stufe üblich ist. Hier scheint mir übrigens der Begriff der Korrektion durch Kompensation von Fehlern verschiedenen Vorzeichens ein Bildungsgut von größerer Allgemeinheit zu sein, besonders wenn man auf die zahlreichen Beispiele in anderen Gebieten hinweist (z. B. Uhrpendel, Vorschaltwiderstand der Nernstlampe u. a.).

In einem dritten Teil endlich geht VOLKMANN zur rechnenden Optik über. Erfreulich ist hier, wie er die so oft übertriebene Wertschätzung der Kollineationslehre auf das richtige Maß zurückführt. Nach der ABBEschen Theorie sieht man bekanntlich die kollineare Abbildung als die normale und einzig richtige an. Diese Auffassung ist aber, obwohl oft als Hilfstheorie von praktischer Bedeutung, prinzipiell unrichtig.

So liegt denn hier ein Buch vor, daß im Unterricht hoffentlich für längere Zeiten die maßgebende Grundlage abgeben wird. Sein Hauptkennzeichen dürfte die Befreiung der geometrischen Optik aus der unnötigen Abhängigkeit von der rechnenden Optik und ihre Zurückführung auf die unmittelbare Anschauung sein.

Ich möchte wünschen, daß VOLKMANN in ähnlicher Weise auch einmal das Sehen und Wahrnehmen (physiologische Optik) behandelt. Was kann man schließlich einem jungen Menschen Wertvolleres beibringen als kritisches Vermögen — es braucht ja nicht gleich bis zur allgemeinen Skepsis zu gehen?? Aber, daß man nicht ohne weiteres für „wahr" hält, was das Auge zu sehen glaubt, das scheint mir in der Tat fast das Wichtigste von aller „Bildung". So aufgefaßt wäre die Optik also doch fähig, allgemeine Erkenntnisse zu vermitteln.

FELIX JENTZSCH, Berlin.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9 — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.